



**HAL**  
open science

# Compléments alimentaires et stratégies nutritionnelles au service de la performance

Nourredine Boukli-Hacene

► **To cite this version:**

Nourredine Boukli-Hacene. Compléments alimentaires et stratégies nutritionnelles au service de la performance. Sciences pharmaceutiques. 2019. dumas-02102292

**HAL Id: dumas-02102292**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02102292>**

Submitted on 17 Apr 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Compléments alimentaires et Stratégies  
Nutritionnelles au service de la performance**

**THESE**

**PRESENTEE ET PUBLIQUEMENT SOUTENUE DEVANT  
LA FACULTE DE PHARMACIE DE MARSEILLE**

**LE 5 Avril 2019**

**PAR  
Mr. BOUKLI-HACENE NOURREDINE  
Né le 30/11/1991  
à AUBERVILLIERS**

**EN VUE D'OBTENIR**

**LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

**JURY :**

**Président : Dr JOURDHEUIL RAHMANI Dominique**

**Membres : Dr CERINI Claire  
Dr AILLAUD Pascale**

27 Boulevard Jean Moulin – 13385 MARSEILLE Cedex 05  
Tel. : 04 91 83 55 00 – Fax : 04 91 80 26 12

#### **ADMINISTRATION :**

<i>Doyen :</i>	Mme Françoise DIGNAT-GEORGE
<i>Vice-Doyens :</i>	M. Jean-Paul BORG, M. François DEVRED, M. Pascal RATHELOT
<i>Chargés de Mission :</i>	Mme Pascale BARBIER, M. David BERGE-LEFRANC, Mme Manon CARRE, Mme Caroline DUCROS, Mme Frédérique GRIMALDI
<i>Conseiller du Doyen :</i>	M. Patrice VANELLE
<i>Doyens honoraires :</i>	M. Jacques REYNAUD, M. Pierre TIMON-DAVID, M. Patrice VANELLE
<i>Professeurs émérites :</i>	M. José SAMPOL, M. Athanassios ILIADIS, M. Jean-Pierre REYNIER, M. Henri PORTUGAL
<i>Professeurs honoraires :</i>	M. Guy BALANSARD, M. Yves BARRA, Mme Claudette BRIAND, M. Jacques CATALIN, Mme Andrée CREMIEUX, M. Aimé CREVAT, M. Bernard CRISTAU, M. Gérard DUMENIL, M. Alain DURAND, Mme Danielle GARÇON, M. Maurice JALFRE, M. Joseph JOACHIM, M. Maurice LANZA, M. José MALDONADO, M. Patrick REGLI, M. Jean-Claude SARI
<i>Chef des Services Administratifs :</i>	Mme Florence GAUREL
<i>Chef de Cabinet :</i>	Mme Aurélie BELENGUER
<i>Responsable de la Scolarité :</i>	Mme Nathalie BESNARD

#### **DEPARTEMENT BIO-INGENIERIE PHARMACEUTIQUE**

Responsable : Professeur Philippe PICCERELLE

#### **PROFESSEURS**

BIOPHYSIQUE

M. Vincent PEYROT  
M. Hervé KOVACIC

GENIE GENETIQUE ET BIOINGENIERIE

M. Christophe DUBOIS

PHARMACIE GALENIQUE, PHARMACOTECHNIE INDUSTRIELLE,  
BIOPHARMACIE ET COSMETIQUE

M. Philippe PICCERELLE

## MAITRES DE CONFERENCES

BIOPHYSIQUE

M. Robert GILLI  
Mme Odile RIMET-GASPARINI  
Mme Pascale BARBIER  
M. François DEVRED  
Mme Manon CARRE  
M. Gilles BREUZARD  
Mme Alessandra PAGANO

GENIE GENETIQUE ET BIOTECHNOLOGIE

M. Eric SEREE-PACHA  
Mme Véronique REY-BOURGAREL

PHARMACIE GALENIQUE, PHARMACOTECHNIE INDUSTRIELLE,  
BIOPHARMACIE ET COSMETOLOGIE

M. Pascal PRINDERRE  
M. Emmanuel CAUTURE  
Mme Véronique ANDRIEU  
Mme Marie-Pierre SAVELLI

NUTRITION ET DIETETIQUE

M. Léopold TCHIAKPE

## A.H.U.

THERAPIE CELLULAIRE

M. Jérémy MAGALON

## ENSEIGNANTS CONTRACTUELS

ANGLAIS

Mme Angélique GOODWIN

## DEPARTEMENT BIOLOGIE PHARMACEUTIQUE

Responsable : Professeur Philippe CHARPIOT

## PROFESSEURS

BIOCHIMIE FONDAMENTALE, MOLECULAIRE ET CLINIQUE

M. Philippe CHARPIOT

BIOLOGIE CELLULAIRE

M. Jean-Paul BORG

HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE

Mme Françoise DIGNAT-GEORGE  
Mme Laurence CAMOIN-JAU  
Mme Florence SABATIER-MALATERRE  
Mme Nathalie BARDIN

MICROBIOLOGIE

M. Jean-Marc ROLAIN  
M. Philippe COLSON

PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE, HYGIENE ET  
ZOOLOGIE

Mme Nadine AZAS-KREDER

## MAITRES DE CONFERENCES

BIOCHIMIE FONDAMENTALE, MOLECULAIRE ET CLINIQUE	Mme Dominique JOURDHEUIL-RAHMANI M. Thierry AUGIER M. Edouard LAMY Mme Alexandrine BERTAUD Mme Claire CERINI Mme Edwige TELLIER M. Stéphane POITEVIN
HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE	Mme Aurélie LEROYER M. Romaric LACROIX Mme Sylvie COINTE
MICROBIOLOGIE	Mme Michèle LAGET M. Michel DE MEO Mme Anne DAVIN-REGLI Mme Véronique ROUX M. Fadi BITTAR Mme Isabelle PAGNIER Mme Sophie EDOUARD M. Seydina Mouhamadou DIENE
PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE, HYGIENE ET ZOOLOGIE	Mme Carole DI GIORGIO M. Aurélien DUMETRE Mme Magali CASANOVA Mme Anita COHEN
BIOLOGIE CELLULAIRE	Mme Anne-Catherine LOUHMEAU

## A.H.U.

HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE	M. Maxime LOYENS
----------------------------	------------------

## DEPARTEMENT CHIMIE PHARMACEUTIQUE

Responsable : Professeur Patrice VANELLE

## PROFESSEURS

CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	Mme Catherine BADENS
CHIMIE PHYSIQUE – PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. Philippe GALLICE
CHIMIE MINERALE ET STRUCTURALE – CHIMIE THERAPEUTIQUE	M. Pascal RATHELOT M. Maxime CROZET
CHIMIE ORGANIQUE PHARMACEUTIQUE	M. Patrice VANELLE M. Thierry TERME
PHARMACOGNOSIE, ETHNOPHARMACOLOGIE, HOMEOPATHIE	Mme Evelyne OLLIVIER

**MAITRES DE CONFERENCES**

BOTANIQUE ET CRYPTOLOGIE, BIOLOGIE CELLULAIRE	Mme Anne FAVEL Mme Joëlle MOULIN-TRAFFORT
CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	Mme Catherine DEFOORT M. Alain NICOLAY Mme Estelle WOLFF Mme Elise LOMBARD Mme Camille DESGROUAS
CHIMIE PHYSIQUE – PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. David BERGE-LEFRANC M. Pierre REBOUILLON
CHIMIE THERAPEUTIQUE	Mme Sandrine FRANCO-ALIBERT Mme Caroline DUCROS M. Marc MONTANA Mme Manon ROCHE
CHIMIE ORGANIQUE PHARMACEUTIQUE HYDROLOGIE	M. Armand GELLIS M. Christophe CURTI Mme Julie BROGGI M. Nicolas PRIMAS M. Cédric SPITZ M. Sébastien REDON
PHARMACOGNOSIE, ETHNOPHARMACOLOGIE, HOMEOPATHIE	M. Riad ELIAS Mme Valérie MAHIOU-LEDDET Mme Sok Siya BUN Mme Béatrice BAGHDIKIAN

**MAITRES DE CONFERENCE ASSOCIES A TEMPS PARTIEL (M.A.S.T.)**

CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	Mme Anne-Marie PENET-LOREC
CHIMIE PHYSIQUE – PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. Cyril PUJOL
DROIT ET ECONOMIE DE LA PHARMACIE	M. Marc LAMBERT
GESTION PHARMACEUTIQUE, PHARMACOECONOMIE ET ETHIQUE PHARMACEUTIQUE OFFICINALE, DROIT ET COMMUNICATION PHARMACEUTIQUES A L'OFFICINE ET GESTION DE LA PHARMAFAC	Mme Félicia FERRERA

**A.H.U.**

CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	M. Mathieu CERINO
--	-------------------

**ATER**

CHIMIE ANALYTIQUE	M. Charles DESMARCHELIER
CHIMIE THERAPEUTIQUE	Mme Fanny MATHIAS

**DEPARTEMENT MEDICAMENT ET SECURITE SANITAIRE**

Responsable : Professeur Benjamin GUILLET

**PROFESSEURS**

PHARMACIE CLINIQUE	Mme Diane BRAGUER M. Stéphane HONORÉ
PHARMACODYNAMIE	M. Benjamin GUILLET
TOXICOLOGIE GENERALE	M. Bruno LACARELLE
TOXICOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT	Mme Frédérique GRIMALDI

**MAITRES DE CONFERENCES**

PHARMACODYNAMIE	M. Guillaume HACHE Mme Ahlem BOUHLEL M. Philippe GARRIGUE
PHYSIOLOGIE	Mme Sylviane LORTET Mme Emmanuelle MANOS-SAMPOL
TOXICOCINETIQUE ET PHARMACOCINETIQUE	M. Joseph CICCOLINI Mme Raphaëlle FANCIULLINO Mme Florence GATTACECCA
TOXICOLOGIE GENERALE ET PHARMACIE CLINIQUE	M. Pierre-Henri VILLARD Mme Caroline SOLAS-CHESNEAU Mme Marie-Anne ESTEVE

**A.H.U.**

PHARMACIE CLINIQUE	M. Florian CORREARD
PHARMACOCINETIQUE	Mme Nadège NEANT

---

## **CHARGES D'ENSEIGNEMENT A LA FACULTE**

Mme Valérie AMIRAT-COMBRALIER, Pharmacien-Praticien hospitalier

M. Pierre BERTAULT-PERES, Pharmacien-Praticien hospitalier

Mme Marie-Hélène BERTOCCHIO, Pharmacien-Praticien hospitalier

Mme Martine BUES-CHARBIT, Pharmacien-Praticien hospitalier

M. Nicolas COSTE, Pharmacien-Praticien hospitalier

Mme Sophie GENSOLLEN, Pharmacien-Praticien hospitalier

M. Sylvain GONNET, Pharmacien titulaire

Mme Florence LEANDRO, Pharmacien adjoint

M. Stéphane PICHON, Pharmacien titulaire

M. Patrick REGGIO, Pharmacien conseil, DRSM de l'Assurance Maladie

Mme Clémence TABELLE, Pharmacien-Praticien attaché

Mme TONNEAU-PFUG, Pharmacien adjoint

M. Badr Eddine TEHHANI, Pharmacien – Praticien hospitalier

M. Joël VELLOZZI, Expert-Comptable

Mise à jour le 22 février 2018



# Compléments alimentaires et Stratégies Nutritionnelles au service de la performance

Liste des abréviations : grammes (g), Litre (L), heures(h), Fréquence cardiaque(FC),Ornithine keto glutarate(OKG), Alpha keto glutarate(AKG),

## Sommaire :

Introduction .....	p1
1)Les suppléments de l'endurance	
Exigences énergétique spécifique à chaque filières	
A)La réhydratation, la balance hydrique et la thermorégulation à l'exercice .....	p3
_hydratation et réhydratation .....	p3
_hydratation et sodium .....	p5
_ Que boire ? .....	p6
B)Les glucides	
_rôle des glucides dans l'endurance .....	p10
_Faut-il prendre des glucides juste avant un effort ? .....	p18
_L'alimentation énergétique durant l'effort .....	p 20
C) Stratégies de récupération post effort .....	p24
D) Les régimes riches en graisses .....	p30
_Rôle des lipides dans l'endurance .....	p30
_Comment reconstituer les stocks de triglycérides intramusculaires ? .....	p33
_les triglycérides à chaîne moyenne .....	p35
E) Les autres suppléments de l'endurance .....	p36
_Effet de la caféine et ses dérivés sur la performance .....	p38
_De la créatine pour l'endurance ? .....	p42
_Carnitine et performance .....	p43
_Les cocktails d'oxygène .....	p46
2) Les suppléments pour la masse musculaire et la force	
A) protéines et Masse Musculaire .....	p47
_Métabolisme des protéines .....	p47
_Besoins en protéines des sédentaires .....	p48
_ Les sportifs ont-ils des besoins accrus en protéines ? .....	p49
_ Existe-t-il un apport optimal de protéines ? .....	p52
_ Les protéines ont-elles des effets néfastes ? .....	p53
_ Les différents types de protéines .....	p54
B) Acides aminés et Masse Musculaire	
_ acides Aminés et Anabolisme .....	p65
_ mangez promptement après un effort	
_Peut-on mélanger les protéines avec les glucides ? .....	p66
_ existe-t-il des raisons d'enrichir les protéines avec des acides aminés ? .....	p68
_effets des acides aminés individuels . .....	p72
C) Ces hormones qui régulent nos performances .....	p76
_ Les boosters hormonaux .....	p97
_ Les boosters d'ATP .....	p109
3) Vitamines, Minéraux, Antioxydants, Acides Gras essentiels et biotiques .....	p133
A) Vitamines et Minéraux, pour quoi faire ?	
_L'étude SU.VI.MAX .....	p133

_ Activités physique et pertes micro nutritionnelles .....	p134
B) Effets des suppléments multivitamines/Minéraux sur la performance .....	p135
_ Le problème du fer .....	p138
C) Les antioxydants : indispensables, inutiles ou contre productifs ? .....	p140
D) Les acides Gras essentiels .....	p143
E) Probiotiques et Prébiotique .....	p144
5) Les Suppléments de « Protection » du sportif .....	p145
A) Bon pour la santé ?	
_ Les huit facettes de la récupération .....	p145
B) Pour prévenir les troubles éventuels .....	p147
_ Les suppléments anti crampes .....	p147
_ Minimisé les chambardements immunitaires .....	p149
_ dérèglements du cycle menstruel et atteintes au systèmes digestif .....	p152
_ Problèmes cardiaques .....	p159
_ Problèmes de conditionnement sanguin .....	p159
_ Reins et protéinurie et problèmes de voies respiratoires .....	p163
_ Maux de tête et courbatures .....	p165
_ Prévention des troubles articulaires .....	p171
_ prévention des blessures musculaires .....	p180
_ La récupération nerveuse domaine crucial .....	p181
_ préserver le capital osseux . .....	p182
6) Les suppléments amincissants .....	p184
A) Retour à la réalité	
_ tous les régimes marchent dans un premier temps .....	p184
_ Le pas de 2 de l'élimination des kilos .....	p184
B) Perdre du poids	
_ lutter contre les six problèmes liés au régime .....	p185
_ les suppléments thermogéniques stimulants .....	p187
_ les suppléments thermogéniques non stimulants .....	p191
_ Rôle de la carnitine dans la perte de graisse .....	p194
_ les ag essentielles .....	p195
_ le cla .....	p197
_ rôle des anti oxydants dans la perte de graisses .....	p198
_ les coupe faims .....	p199
_ les fibres .....	p202
_ les réducteurs d'absorption calorique .....	p203
_ les bloqueurs d'absorption des graisses .....	p204
Stratégies nutritionnelles pour l'entraînement intense et la compétition : .....	p206
_ Préparer un pic de forme en vue de d'une compétition . .....	p206
_ Prise de masse musculaire .....	p206
_ Maigrir où sécher perdre du gras .....	p213
_ Autour de l'entraînement .....	p222

L'usage des compléments alimentaires s'est beaucoup répandu dans l'univers du sport. Les statistiques montrent que les champions de haut niveau en sont les plus gros consommateurs. Il semble logique que cet usage intensif finisse par gagner aussi les sportifs amateurs. Le problème étant que ces derniers choisissent leurs compléments alimentaires en fonction des avis des uns et des autres, car ils ne bénéficient pas de conseils scientifiques comme les sportifs professionnels.

Les motivations sont différentes selon les sportifs. Lorsque les sportifs sont jeunes ils comptent sur les suppléments pour améliorer leurs performances. Par contre chez les seniors l'usage des suppléments est orienté vers un objectif santé. L'objectif étant d'aider les sportifs à faire les bons choix en matière de supplémentation. En effet on découvre rapidement une pléthore de produits disponibles ce qui est souvent source de confusion.

Si certains suppléments produisent des bénéfices avérés scientifiquement, ce n'est pas le cas de tous. Il existe beaucoup d'effets de mode. De plus, beaucoup de molécules ont fait preuve de leurs inactivités et sont toujours disponibles.

Le mieux est de se baser sur les recherches médicales qui ont été publiées dans les journaux scientifiques reconnus. Il faut néanmoins garder à l'esprit les problèmes et les limites de la recherche scientifique dans le domaine des compléments alimentaires. De plus, les échantillons d'utilisateurs sont relativement limités. Les études ne se poursuivent pas sur le long terme, et sont financées par les vendeurs de suppléments. Malgré le conflit d'intérêt évident cela ne veut pas dire que les résultats de ces études soient systématiquement à rejeter. Au contraire, nombre d'études montrent l'inefficacité ou les limites de beaucoup de suppléments.

Il est aussi normal que les fabricants de suppléments fassent des recherches concernant l'efficacité et les modes d'action de leurs produits. S'ils ne le faisaient pas, on le leur reprocherait. Toutefois il est à déplorer que de nombreux suppléments soient mis sur le marché sans études préalables chez l'homme. Nombreuses sont les extrapolations réalisées à partir d'études chez l'animal ou les spéculations réalisées sur la base de la médecine traditionnelle.

Plusieurs études sont financées par des organismes comme ceux de l'aérospatial qui cherchent les moyens d'optimiser les performances de leurs cosmonautes, de lutter contre l'atrophie et la perte de force constatées dans l'espace. Les militaires sont également une autre source d'informations scientifiques dans la mesure où ils publient leurs résultats. Comme les sportifs, les militaires sont de gros consommateurs de compléments alimentaires.

Dans l'unité d'élite des Navy SEALs (appelé les marines), 78% des militaires interrogés déclarent utiliser régulièrement des compléments alimentaires (Goforth, 1998). Et ceux pour les mêmes raisons que les sportifs. Dans 50% des cas, c'est dans le but d'accroître la masse musculaire, la force et la puissance. Viens ensuite le besoin d'énergie et la volonté d'améliorer leur santé.

Peut-on considérer la prise de compléments alimentaires comme un dopage ?

La prise de suppléments est souvent assimilée à du dopage. Il faut tout d'abord définir ce qu'est le dopage. On pourrait affecter la définition suivante à du dopage : « utilisation d'hormones ou de substances agissant comme des hormones afin d'améliorer ses performances ». Or les compléments alimentaires n'ont rien à voir avec des hormones, il s'agit de molécules que l'on trouve en général dans l'alimentation, et qui ont été concentrées afin d'en améliorer les effets. Mais dans quelques cas parfois la frontière n'est pas aussi nette.

- Comment faire le bon choix en fonction de ses besoins propres ?

Il faut d'abord déterminer quelles sont les qualités physiques requises pour votre activité sportive (endurance, force, rapidité, explosivité...). Parmi ces qualités il faut établir quelles sont celles qui constituent le facteur limitant votre performance. Afin de choisir au mieux les compléments alimentaires qui aideront à progresser.

- Comment utiliser les suppléments correctement ?

Il ne faut jamais changer brusquement son alimentation ou subitement introduire une dose massive d'un supplément. Les changements doivent être effectués prudemment et lentement. Les recherches montrent que le timing d'utilisation est souvent déterminant pour l'efficacité des compléments alimentaires.

- Les limites de la connaissance

La science ne répond malheureusement pas à toutes les interrogations du sportif. Par exemple la durée optimale d'utilisation d'un supplément. Les athlètes sont livrés à eux même vis-à-vis de cette question cruciale.

Mécanismes d'action des aides ergogéniques

\_Stimulent le système nerveux central ou périphérique (i.e. la caféine, etc...).

\_Augmentent le stockage et/ou la disponibilité d'un substrat limitant (i.e., les glucides, la créatine, la carnitine, le chrome).

\_Agissent en qualité de source énergétique supplémentaire (i.e. le glucose, les triglycérides à chaîne moyenne).

\_Diminuent ou neutralisent la capacité inhibitrice des produits métaboliques intermédiaires (i.e. bicarbonate de sodium, citrate, acide pangamique, phosphates).

\_Facilitent la récupération (i.e., glucides d'index glycémique élevé, eau).

## LES SUPPLEMENTS DE L'ENDURANCE

- Le problème de la déshydratation

Plus le travail musculaire est intense plus on génère de chaleur. La meilleure façon pour notre corps d'évacuer cette chaleur, c'est par la transpiration. Un sportif peut facilement transpirer un litre par heure. Mais ça peut monter jusqu'à 3 litres par heure dans des conditions extrêmes.

La déshydratation du sportif produit des effets immédiats, non seulement sur la performance, mais aussi sur la santé. Même si notre corps est composé d'eau (à 60%), il ne recèle quasiment pas de réserves hydriques dans lesquelles nous pouvons puiser sans conséquence. Toute perte d'eau due à une transpiration abondante se traduit par un déficit hydrique immédiat. Ces pertes de fluides engendrent une baisse de la volémie donc chaque battement cardiaque déplace alors moins de sang donc le cœur perd en efficacité. Il est contraint de battre plus vite afin d'irriguer convenablement les tissus. Cette compensation n'étant que partielle, le flux sanguin dans les muscles se réduit donc on a une moindre arrivée d'oxygène dans les muscles et une moins bonne élimination des déchets métaboliques. Les muscles s'asphyxient et ont du mal à fonctionner sur le mode aérobie, la température corporelle s'élève encore, ce qui va se traduire par de la fatigue. La fatigue débute lorsque la perte de poids avoisine les 2%.

Les athlètes de haut niveau ont un volume plasmatique supérieur de 20 à 30 % à la moyenne, ce qui constitue une barrière de défense contre la déshydratation. Laursen (2006) montre que les triathlètes de haut niveau supportent assez bien une perte de poids de 3%. Les amateurs devraient donc faire plus attention.

- Hydratation et réhydratation

Forcez la réhydratation : contrairement aux animaux comme les chameaux qui possèdent une excellente capacité à boire l'équivalent de ce qu'ils ont éliminé, l'homme tend à ne compenser que la moitié de ses pertes hydriques sur le court terme s'il ne se force pas. En théorie le sportif devrait compenser ses pertes hydriques le plus fidèlement possible pendant l'effort. En pratique c'est rarement le cas. En effet s'il est facile de perdre un litre d'eau en une heure, il est extrêmement rare qu'un sportif boive plus d'un demi-litre par heure pendant l'effort. Les quantités constatées avoisinent plutôt les 200 à 300 ml par heure. Ce qui semble d'ailleurs correspondre à la capacité maximale du système digestif à assimiler sans problème tout ce liquide. Au-delà de 800 ml par heure, le risque de troubles digestifs augmente.

Comment déterminer son niveau d'hydratation :

\_observez si tu transpires beaucoup.

\_goûtes ta sueur pour voir si elle est très salée (si oui il faudra ajouter du sodium)

\_tu peux mesurer ton poids avant et après ton entraînement voir même pendant. N'oublie pas d'ajouter à ton poids d'avant effort la quantité d'eau que tu vas boire pendant l'exercice. Si ton poids varie de plus de 2% c'est qu'il est important de surveiller ton hydratation.

\_la couleur des urines de manière empirique.

\_sachant que la déshydratation est toujours plus importante si un effort est effectué de bonne heure le matin plutôt que dans l'après-midi. Terrain hormonal plus favorable...

L'importance de s'hydrater influe sur la performance plus qu'on ne le croit :

Dans un environnement à 31°C, des sportifs d'endurance ont dû pédaler 50 minutes à 80% de leur VO<sub>2</sub>max. avant d'effectuer une épreuve finale le plus rapidement possible (below). Lorsque les sujets ont pu boire une grande quantité d'eau (1,3L) durant l'effort, le temps nécessaire pour l'épreuve finale a été réduit de 6% par rapport à une prise de liquide de seulement 200ml.

Même à une température de 21°C, la prise d'eau peut faire la différence. Des sportifs entraînés ont dû pédaler 2 heures à 69% de leur VO<sub>2</sub> max avant de produire l'effort le plus long possible à 90% de leur capacité. En ayant bu assez d'eau pour compenser leurs pertes, la performance maximale a été prolongée de 2 min 30 sec par rapport à celle réalisée en l'absence de toute hydratation (McConell).

On observe d'ailleurs une moindre élévation de la fréquence cardiaque et de la température corporelle lors de l'effort réalisée avec hydratation, une utilisation du glycogène musculaire réduite de 16% et l'élévation plasmatique de lactates à été atténuée.

On en conclut une stabilisation de la filière énergétique aérobie grâce à une bonne hydratation.

La déshydratation exacerbe le catabolisme musculaire et donc réduit la performance et prolonge le temps nécessaire à la récupération.

#### - Hydratation et sodium

Attention aux pertes de sodium : La sueur ne se compose pas seulement d'eau, elle est riche en sodium, sodium qu'il faudra absolument compenser car indispensable à la contraction musculaire, surtout chez les débutants. Les recherches montrent que plus le niveau d'entraînement de l'athlète est élevé, moins sa sueur est riche en sodium.

Nous éliminons l'équivalent de 1 à 4 grammes de sodium par litre de sueur. Suite à un match de football réalisé à une température extérieure de 24 à 29°C, des joueurs professionnels transpirent l'équivalent de 6 grammes (g) de sel et 2 L d'eau. Même par temps froid (5°C), les pertes en sel s'élèvent et dépassent les 4 grammes. La transpiration reste élevée, dépassant, en moyenne, le litre et demi, les pertes s'élèvent jusqu'à 3 litres (1.5). Donc même sans grande chaleur la déshydratation guette le sportif.

Lors d'efforts de courte durée, les pertes de sodium n'induisent pas de problème de santé, mais dans les épreuves de plus de 4 heures, des pathologies graves dues à un manque de sodium peuvent apparaître chez les sportifs qui ne boivent que de l'eau (1.6). Le fait de boire de l'eau ne compense pas la perte en sel qui se fait aussi bien par l'intermédiaire de la sueur que de l'urine. Car l'eau étant hypotonique elle abaisse la pression osmotique de l'organisme. Une boisson est dite isotonique lorsque sa concentration en sodium est entre 290 et 300mOsm/L. Ce qui correspond au niveau du sodium dans le plasma sanguin. Au-dessus c'est hypertonique. Cette dilution du sodium va couper la soif mais ne va pas vous réhydrater et au contraire celle-ci va exacerber la déshydratation.

Des athlètes masculins d'endurance ont dû pédaler à 55% de leur VO<sub>2</sub>max. pendant 3 heures(h) avec une température ambiante de 34°C. Pendant cet effort, ils ont bu un volume d'eau équivalent à la quantité de sueur éliminée. Dans un cas, l'eau était enrichie en sel (1g de sel/L), dans un autre cas l'eau était distillée (c'est-à-dire sans sodium)(1.7) . Dans le groupe

privé de sodium, 6 des 10 athlètes n'ont pu aller jusqu'au bout des 3 h, contre 4 sur 10 dans le groupe sodium. La vitesse de diminution du sodium plasmatique a été 2,5 fois plus rapide dans le groupe eau distillé que dans le groupe sodium. Il existe donc une corrélation inverse entre la performance et la vitesse de diminution du sodium dans le sang. L'eau plate n'est donc pas recommandée dans ce cas de figure, car elle précipite la perte de sel. La prise de sodium favorise la performance lorsque les efforts prolongés sont effectués par temps chaud.

Il est recommandé d'avoir de 1,7 à 2,9g de sel par litre dans sa boisson d'effort. Par contre le sel va altérer le goût de la boisson et la rendre désagréable à consommer, surtout lors d'un effort. Les tablettes de sel ne sont pas conseillées, car elles risquent de poser des problèmes digestifs. L'autre problème lié à un apport massif de sodium durant la réhydratation est que l'élimination urinaire de potassium est grandement accélérée (1.8). Un excès de sodium rendrait la boisson hypertonique ce qui accélère l'évacuation de fluide intracellulaire vers le plasma ce qui favorise la déshydratation intracellulaire au lieu de la prévenir.

#### - Que Boire ?

Les sportifs s'aident de boissons de réhydratation. Dans un premier temps, nous allons analyser leur composition. Généralement, elles contiennent 5% de glucose, des électrolytes en juste quantité (quelles quantités) afin d'éviter les carences du sportif au cours de l'effort.

Intérêt des boissons de réhydratation : elles luttent contre la baisse de la volémie ; elles contrecarrent l'élévation de la température corporelle ; elles apportent de l'énergie aux muscles ; elles retardent l'apparition de la fatigue.

Étant donné que le sportif tend à ne pas s'hydrater assez, la boisson réhydratante doit favoriser l'envie de boire. C'est pourquoi les fabricants de boissons sportives font en sorte de donner un goût agréable à leurs produits. Cela permet d'accroître la quantité de fluide ingérée par rapport à de l'eau plate quand on est libre de boire à volonté. (1.9).

Chez des sportifs qui doivent s'entraîner 145 minutes, le fait d'avoir accès à une boisson légèrement sucrée accroît de 45% les quantités bues volontairement pendant cet effort par rapport à l'eau plate (1.10). Le but évident est de cultiver le plaisir de boire, à l'aide du goût sucré et éviter le goût insipide de l'eau. Attention cependant à la teneur en glucides : l'ajout de glucides, jusqu'à une concentration de 6%, tend à favoriser la réhydratation en accélérant l'absorption des fluides. Au-delà, le contenu en sucre va ralentir la réhydratation. C'est pour cela que les boissons réhydratantes sont nettement moins concentrées en glucides que les boissons énergisantes (boisson destinée à donner un regain d'énergie à son consommateur, en



utilisant un mélange d'ingrédients stimulants). De plus, une concentration de sucre de plus de 10% risque d'entraîner des troubles digestifs pendant l'effort. On peut donc utiliser des sodas que l'on trouve dans le commerce (10-12% de sucre) à condition de les diluer. Le pourcentage de glucides doit être clairement affiché.

En théorie, les glucides de choix pendant l'effort sont les polymères de glucose ou maltodextrine. Ils possèdent la meilleure capacité à accroître l'absorption intestinale de l'eau et du sucre mais ils sont beaucoup plus coûteux que le sucre de table (saccharose=fructose+glucose). En termes de performance le saccharose est à égalité avec le glucose. On peut donc facilement confectionner sa propre boisson de réhydratation avec du sucre de table, du sel ainsi qu'un sirop pour donner un goût agréable. Il faut respecter les dosages en sel et en glucides mentionnés précédemment.

- Stratégies anti-déshydratation innovantes : la température de la boisson semble jouer un rôle aussi bien physiologique que psychologique. Dans un environnement à 35°C, des hommes qui ont dû pédaler le plus longtemps possible à 65% de leur capacité ont accru leur performance de 12% lorsqu'ils ont reçu une boisson fraîche (4°C) plutôt que tiède (19°C) (1.11). Leur apport hydrique s'est accru de presque 1/3 avec la boisson fraîche. La hausse de leur température corporelle et de leur fréquence cardiaque a été ralentie avec la boisson fraîche. L'armée américaine a mené des recherches sur les efforts enchaînés au fil des jours par temps chaud (1.12). En effet ce dernier a fait prendre, immédiatement après les exercices, un placebo ou une supplémentation orale de 10g de protéines + 8g de glucide + 3g de graisses à des soldats en manœuvre pendant 54 jours. Manœuvre intense qui comportait de longues marches ainsi que des exercices de force. Dans le groupe ayant reçu la supplémentation, l'incidence de la déshydratation a été réduite de 83% par rapport au groupe placebo. C'est-à-dire qu'en récupérant mieux des efforts de la veille, les soldats étaient plus à même de lutter contre la déshydratation. Au contraire, la mauvaise récupération des soldats sous placebo a exacerbé la déshydratation lors des épreuves des jours suivants.

Théorie de l'hyperhydratation : étant donné la quantité d'eau que l'on va perdre pendant l'effort, l'idéal serait de se constituer une « réserve » hydrique corporelle un peu avant l'entraînement. Le premier réflexe serait de boire abondamment avant le départ. Malheureusement, en quelques minutes, le surplus d'eau que l'on vient d'absorber va se retrouver dans la vessie, ce qui sera très gênant pendant l'effort. En effet, la vitesse de remplissage de la vessie est étroitement couplée avec l'apport hydrique. Plus celui-ci est

important, plus la vessie va se remplir rapidement. Même lorsque le corps commence à se déshydrater, il n'y a pas de compensation au niveau de la vitesse de remplissage de la vessie. C'est pourquoi boire beaucoup d'eau peut précipiter une déshydratation déjà installée. Le fluide que l'on vient de prendre n'a pas eu le temps de pénétrer le système sanguin que le système de remplissage de la vessie s'accélère déjà, prélevant dans le sang de l'eau qui fait défaut. Boire abondamment avant de partir ne constitue pas la solution idéale bien que par temps chaud il ne faille pas non plus partir déjà déshydrater.

Si on voulait compenser les pertes hydriques il faudrait boire environ 150% des pertes afin de compenser aussi l'élimination urinaire, mais c'est impossible pendant un effort. Il faut donc s'assurer d'optimiser la rétention de cette eau. C'est l'un des rôles de l'ajout de sodium. C'est pourquoi certains utilisent le glycérol.

#### - Le glycérol

Le glycérol est interdit par la réglementation antidopage en tant que succédané de plasma, c'est à dire en tant que produit de substitution utilisé pour compenser la diminution de volume de sang circulant.

Le glycérol, molécule à trois carbones, est connu dans le domaine clinique (ainsi que le mannitol, le sorbitol et l'urée) pour son rôle dans la diurèse osmotique. La capacité à influencer les mouvements d'eau dans l'organisme fait du glycérol un composé particulièrement efficace pour réduire l'accumulation excessive d'eau dans le cerveau et dans les yeux (oedème). En effet, le glycérol extracellulaire entrant lentement dans les tissus cérébraux, le liquide céphalo-rachidien et l'humeur aqueuse des yeux, ceci génère un effet osmotique qui attire les liquides vers le milieu extracellulaire.

L'ingestion d'un mélange relativement concentré composé de glycérol (utilisé également comme additif alimentaire courant) et d'eau augmente la volémie et les concentrations en glycérol du plasma et du liquide interstitiel. Ceci permet potentiellement de diminuer le niveau d'excrétion de liquide par la filtration rénale. En effet, les tubules proximaux et distaux réabsorbant de grandes quantités de glycérol, une grande partie du liquide contenu dans le filtrat rénal est donc également réabsorbée; ceci permet d'éviter que la diurèse soit trop importante.

En général, les reins réabsorbent à partir du filtrat rénal presque tout le glycérol provenant de l'alimentation et du métabolisme pendant un effort, c'est à dire celui produit lors de la

dégradation des triglycérides en acides gras pendant l'effort. Au repos, les concentrations plasmatiques en glycérol sont en moyenne de 0,05 mmol/L ; au cours d'un exercice de longue durée, à cause de l'effort, elles peuvent atteindre 0,5 mmol/L et s'accompagner d'un épuisement des réserves glucidiques et d'une élévation du catabolisme lipidique.

Donc le glycérol représente justement un intérêt pour son effet d'hyperhydratation qui permet d'améliorer les stocks hydriques en retenant l'eau dans les tissus. Pour réduire les pertes urinaires, les chercheurs ont testé le glycérol (glycérine). Ce dernier empêche momentanément les reins d'éliminer l'eau ; celle-ci ne passe plus dans la vessie, et se retrouve stockée en surabondance dans le corps. Le glycérol double la rétention hydrique par rapport à la prise d'eau seule.

Lorsqu'il est consommé avec 1 à 2 litres d'eau, le glycérol facilite l'absorption d'eau au niveau intestinal et provoque la rétention d'eau extracellulaire, principalement dans le compartiment liquidien plasmatique. L'effet d'hyper-hydratation généré par la supplémentation en glycérol entraîne une réduction du stress thermique durant un exercice physique qui se traduit par une plus forte sudation; ceci conduit à une diminution du rythme cardiaque et de la température corporelle au cours d'un effort et à une augmentation de la performance en endurance. La réduction du stress thermique par une plus forte hydratation avant l'exercice en utilisant des suppléments de glycérol et d'eau représente une sécurité supplémentaire pour les sportifs. La dose classique de glycérol recommandée avant l'exercice est de l'ordre de 1 g par kg de poids corporel accompagné de l'ingestion de 1 à 2 litres d'eau.

C'est une rétention d'eau temporaire qui conduit à une performance accrue (1.13). Des cyclistes entraînés ont dû pédaler 90 minutes à une température ambiante de 35°C. Deux heures avant le départ, ils ont bu soit de l'eau, soit de l'eau avec 1g de glycérol par kg de poids corporel. Grâce au glycérol, les pertes urinaires avant le départ ont été réduites de 25%. Pendant l'épreuve, le rythme cardiaque ainsi que la température corporelle sont restés plus bas grâce au glycérol. La performance s'en est trouvée améliorée de 5%. Mais toutes les études ne mettent pas en évidence la même chose. Ce n'est donc pas la solution miracle mais c'est une stratégie parmi d'autres.

L'effet du glycérol dure six heures. Les travaux expérimentaux ne sont pas tous unanimes sur les bénéfices thermorégulateurs significatifs d'une hyper-hydratation après ingestion de glycérol par rapport à une hyper-hydratation réalisée à l'aide d'eau plate. Par exemple, une solution de 500 ml d'eau et de glycérol consommée 4 heures avant un exercice n'améliore pas

la rétention d'eau et n'a pas d'effet ergogénique, la consommation de glycérol accompagnée de petites quantités d'eau durant l'exercice n'apporterait aucun avantage cardiovasculaire ou thermorégulateur. Parmi les effets secondaires consécutifs à l'ingestion de glycérol, on peut citer des écœurements, des nausées, des vertiges, des congestions et des éblouissements. Les partisans de la supplémentation en glycérol prétendent que l'interdiction de l'usage du glycérol par l'USOC expose davantage les sportifs de haut niveau aux blessures dues à la chaleur voire à un coup de chaleur fatal.

Attention la prise de glycérol est contre indiquée en cas d'hypertension.

Comment utiliser le glycérol ? Dans les 2h qui précèdent une épreuve, il est préconisé de prendre 1g de glycérol par kg de poids corporel mélangé avec environ 1,5 L d'eau, en le répartissant dans le temps. Attention le glycérol est un liquide sirupeux au goût très sucré, pas agréable. Quand on n'est pas habitué, cette dose de glycérol peut irriter le système digestif, et donner des maux de tête. Ainsi, pour un débutant mieux vaut prendre 2 cuillères à café mélangées dans l'eau, et d'augmenter progressivement les doses à chaque entraînement jusqu'à tolérer les 1g par kg suggéré.

## LES GLUCIDES

### ROLE DES GLUCIDES DANS L'ENDURANCE

Pendant un effort les glucides sont la toute première source de carburant ; ils sont plus rapidement disponibles dans les muscles que l'énergie grasseuse. Dans notre mode de vie sédentaire orienté vers le cocooning, nous absorbons tellement de sucre que tout notre corps s'est spécialisé dans l'utilisation de celui-ci, et ce au détriment de l'oxydation des graisses que nous stockons.

Au cours d'un exercice aérobic intense, le glycogène mis en réserve dans le foie et dans les muscles actifs fournit l'essentiel de l'énergie. L'augmentation de la durée de ce type d'exercice diminue les réserves de glycogène, entraînant la participation de plus en plus active du catabolisme lipidique à l'apport en énergie aux muscles par la mobilisation des acides gras du tissu adipeux et du tissu hépatique. La réalisation d'un exercice aérobic d'intensité élevée va réduire fortement le glycogène musculaire et précipiter l'apparition de la fatigue, même si l'apport en oxygène aux muscles actifs est suffisant et si l'énergie potentielle d'origine

lipidique est illimitée. La consommation d'eau sucrée à l'approche de la sensation de fatigue permet de poursuivre l'effort, mais il n'en reste pas moins que le « réservoir de carburant » des muscles est vide, diminuant le transfert d'énergie aérobie de haut niveau. La mobilisation et le catabolisme des lipides sont nettement moins rapides que ceux des glucides, entraînant une diminution correspondante de la puissance développée. Les coureurs de marathon utilisent le terme de « taper dans le mur » pour décrire les sensations de fatigue et la douleur musculaire associées à l'épuisement des réserves de glycogène. Les réserves en sucre, composées du sucre sanguin ainsi que le glycogène musculaire et hépatique, sont limitées. Quand on atteint l'épuisement de ces réserves lors d'un marathon à partir du 30<sup>ème</sup> kilomètre, le corps devrait puiser naturellement dans les graisses du corps, localisées dans le sang, les muscles et les tissus adipeux. Or nous avons affaibli notre capacité à oxyder les lipides. Du coup quand nous arrivons au 30<sup>ème</sup> kilomètre qui correspond à peu près à l'épuisement des sucres, c'est la fatigue qui s'installe à défaut d'une bonne utilisation des lipides.

Une stratégie consiste à repousser cette limite, en gonflant ses stocks de glycogène corporel avant l'effort par une alimentation adéquate. Les glucides étant nécessaires à la récupération musculaire, associés aux protéines ils assurent l'intégrité de la masse musculaire. D'où l'importance qualitative du repas qui précède et qui suit la course. Dans les années 1930, des scientifiques scandinaves ont constaté une amélioration marquée de la performance en endurance quand les sportifs consommaient des aliments riches en glucides. À l'inverse, remplacer ce type d'aliments par des aliments riches en lipides réduisait fortement la capacité d'endurance. La modification de la composition en macronutriments de l'alimentation modifie les réserves glucidiques et affecte profondément la performance d'un exercice aérobie de forte intensité. Dans une série d'expériences, la capacité d'endurance a triplé chez les individus qui consommaient une alimentation hyper-glucidique comparativement aux mêmes personnes qui avaient une alimentation hyper-lipidique de valeur énergétique équivalente. Les glucides représentant le substrat énergétique principal lors d'un exercice long d'intensité élevée, les scientifiques ont recherché des moyens supplémentaires pour élever le niveau des réserves glycogéniques de l'organisme.

Attention à la qualité de vos glucides : en effet un sportif ne peut se nourrir que de bonbons. Il existe une classification des glucides, il y a d'une part les glucides « simples » digérés rapidement, et les glucides « complexes » assimilés lentement. Aujourd'hui cette classification a été affinée par la notion d'index glycémique. Cet indice mesure l'élévation du niveau de sucre dans le sang, produites par 25 ou 50 g de glucides issus d'un aliment. Cette

mesure est comparée à la montée de glycémie provoquée par la même quantité de glucides de référence (glucose). l'indice glycémique correspond au niveau d'élévation de la glycémie dans le sang. Plus l'élévation de la glycémie est importante plus la sécrétion d'insuline le sera. Tous les glucides, qu'ils soient simples ou complexes, provoquent un pic de la glycémie 30 à 45 min après leur ingestion, donc ils n'existent pas de notions de sucres lents ou sucres rapides, seul l'amplitude de ce pic va pondérer le taux de glucides sanguin. A apport calorique égal, il va se créer une économie au niveau de la sécrétion d'insuline par rapport aux glucides à IG élevé.

Le temps écoulé entre l'ingestion à jeun d'un aliment et la survenue du pic de glycémie (moment où l'absorption est maximale) est quasiment le même quelle que soit la nature du glucide qu'il contient (simple ou complexe) : le pic de glycémie est observé après environ 30 minutes et le retour à la normale de la glycémie après environ 2 heures. En réalité, la plus grande partie des nutriments, en particuliers les glucides, sont hydrolysés dans le premier mètre d'intestin. Autrement dit, l'absorption des aliments et le passage dans le sang ne prend pas des heures comme on le pensait. En revanche, la variation de la glycémie (hauteur du pic, surface de la courbe de glycémie), pour une même quantité de glucides absorbés, diffère selon les aliments et dépend de facteurs variés.

si l'insuline est secrété en faible quantité (faible pic glycémique) on fait stocker le glucose sous formes de glycogène. Mais si pic glycémique trop élevée, pic d'insuline stocke le glucose sous forme de graisses.

(On a longtemps cru que les glucides complexes pénétraient plus lentement dans le sang que les glucides simples, la raison étant qu'ils sont à priori plus difficiles à « casser » en briques élémentaires, Cela a amené à un classement en 2 catégories bien connues du monde sportif : les sucres lents et les sucres rapides. Or, selon des études menées dans les années 1980, ce concept est inexact : les glucides auraient en fait tous la même vitesse d'absorption intestinale. C'est l'évolution de la glycémie qui varie selon l'aliment consommé. A titre d'exemple, le pain blanc a le même pouvoir hyperglycémiant que le sucre blanc ! )

Même si cette classification des IG est utile celle-ci n'est pas parfaite :

\_les quantités de glucides mesurées par les scientifiques (25 à 50g) sont loin de celles qu'utilise le commun de la population ou les sportifs. En effet avec des apports plus élevés, la réponse glycémique sera plus élevée elle aussi. D'ailleurs cela mériterait une étude qui

étudierait de manière spécifique les réponses glycémiques de chaque aliment en fonction de sa quantité. (D'où le concept de charge glycémique.)

\_un même aliment voit son IG monter selon son origine, sa cuisson, sa forme, et sa température.

\_on ne mange pas qu'un seul aliment, le repas est une association d'aliment et certain joueront sur l'assimilation d'autre aliment. Par exemple le lait est un booster de la sécrétion d'insuline. Il va altérer la réponse glycémique d'autres aliments. Les sauces grasses font chuter l'index glycémique d'un aliment.

L'intérêt de la classification est de pouvoir choisir ses glucides selon ses besoins, ainsi il faut favoriser les glucides à IG faibles dans les heures qui précèdent l'entraînement, et favoriser les glucides à IG élevé pendant et juste après l'entraînement(1.15).

les recommandations sont les suivantes :

\_pour les activités d'endurance qui se prolongent moins d'une heure ou qui sont de faible intensité, il est recommandé de manger quotidiennement entre 5 et 7 grammes de glucides à indexe glycémique élevé par kilo de poids corporel.

\_pour les sports intenses qui durent 1-3h, l'apport doit être de 7-10g/kg de poids corporel.

\_pour les activités extrêmes qui dépassent les 4h, l'apport est de 10-12g/kg. (1.14)

En général on est loin de ce genre d'apport. Par exemple, chez les femmes qui sont en général plus soucieuses de leur esthétique, l'apport moyen est de moins de 7g par kg.

Comment augmenter les réserves glycogéniques ?

Comment surcharger ses muscles en glycogène : il existe une corrélation entre le niveau de performance et les stocks de glycogène musculaire.

La combinaison particulière de la nutrition et de l'exercice génère un important «stockage» de glycogène musculaire, processus appelé charge en glucides ou surcompensation en glycogène. Les sportifs d'endurance utilisent souvent la charge en glucides lors d'une compétition car cela permet d'augmenter les réserves en glycogène musculaire souvent à des niveaux supérieurs à ceux obtenus avec une alimentation riche en glucides. Normalement, 100 g de muscle contiennent environ 1,7g de glycogène; la charge en glucides permet d'accumuler 4 à 5 g de glycogène dans le muscle.

C'est une erreur de ne se préoccuper de la performance qu'à l'entraînement, notre mode de vie affecte énormément nos capacités à progresser et ce dans tous les domaines. A la fin d'un entraînement l'objectif est de récupérer le plus rapidement et le plus complètement possible. Ensuite le prochain entraînement devra se préparer au fil des repas grâce à une alimentation riche en glucides et modérée en protéines et en graisses.

Procédure classique de charge en glucides :

La procédure classique pour obtenir un effet de surcompensation consiste, dans un premier temps, à réaliser un exercice de longue durée d'intensité constante environ 6 jours avant la compétition afin de diminuer la quantité de glycogène musculaire. La surcompensation en glycogène ne se produisant que dans les muscles sollicités par l'exercice, les sportifs ne doivent mobiliser que les muscles impliqués dans le sport qu'ils pratiquent. La préparation à une compétition d'endurance nécessite d'effectuer un exercice sous-maximal d'intensité modérée de 90 minutes environ afin d'épuiser les réserves glycogéniques musculaires. Les sportifs s'astreignent ensuite à un régime alimentaire pauvre en glucides (60 à 100 g par jour) durant plusieurs jours afin de finir d'épuiser les réserves en glycogène. (À noter: l'épuisement du glycogène provoque la production accrue dans les fibres musculaires de la forme intermédiaire de l'enzyme responsable de la synthèse de glycogène, la glycogène synthétase). Un entraînement modéré doit être suivi durant toute cette période. Puis, au moins 3 jours avant la compétition, le sportif passe à un régime riche en glucides (entre 400 et 700 g par jour) et ce jusqu'au dernier repas précédant la compétition. Ce régime de surcompensation doit en outre contenir quotidiennement une quantité adéquate en protéines, en vitamines et en minéraux ainsi qu'une grande quantité d'eau. Chez les sportifs qui suivent la procédure classique de charge en glucides, les niveaux en glycogène des muscles concernés restent stables (l'individu étant au repos et ne faisant pas d'activité) pendant au moins 3 jours si l'alimentation contient une quantité en glucides convenable (60% de l'apport énergétique total).

le concept de charge glycogénique pré effort explique que plus on va au préalable vider ses stocks de glycogène (en combinant un effort prolongé avec la privation de glucides alimentaires), plus le «rebond» sera fort ensuite lorsqu'on va assimiler de nouveaux des glucides.(1.16)



## Limite à cette procédure

Les problèmes de cette stratégie est qu'il faut 3 à 6 jours pour la mettre en place. L'autre problème est que cela nous traumatise physiquement et mentalement et nous laisse des séquelles de fatigue.

Les bénéfices potentiels de la charge en glucides pour la performance sportive ne s'appliquent qu'aux activités aérobies d'une durée supérieure à 60 minutes (sauf si le sportif débute la compétition dans un état relatif d'épuisement en glycogène). En revanche, si l'effort dure moins de 60 minutes, des apports glucidiques et des réserves glycogéniques normaux seront suffisants. Une charge en glucides n'avantagera pas de manière identique des coureurs entraînés sur semi-marathon (20,9 km) et des coureurs ayant suivi un régime pauvre en glucides. Par ailleurs, le développement d'une puissance anaérobie d'une durée de 75 secondes n'est pas amélioré par une charge en glucides effectuée dans les jours qui précèdent l'exercice.

L'entraînement améliore à la fois le niveau et l'importance de la reconstitution des réserves de glycogène. Pour les compétitions sportives et les entraînements physiques, une alimentation quotidienne contenant 60 à 70% de glucides assure des réserves glycogéniques hépatique et musculaire suffisantes. Une telle alimentation double le niveau de glycogène musculaire comparativement à des individus non entraînés qui ont une alimentation classique. Chez des sportifs ayant une alimentation correcte, l'effet de surcompensation demeure relativement faible. Lors d'un entraînement intense, cependant, les sportifs qui n'augmentent pas leurs apports énergétiques et glucidiques en réponse à des besoins plus importants risquent de ressentir un état de fatigue permanent.

Les sportifs qui veulent ressentir les effets de surcompensation doivent bien savoir en quoi consiste exactement la charge en glucides avant de commencer à modifier leurs habitudes alimentaires et d'entraînement. Si un sportif décide d'effectuer une surcompensation après avoir évalué tous les avantages et inconvénients, le nouveau régime alimentaire devra être testé au cours de l'entraînement et non pas juste avant une compétition. Par exemple, le sportif pourrait commencer par effectuer une course longue suivie par un régime hyper-glucidique. Il pourrait ensuite tenir un carnet de bord détaillé dans lequel il mentionnerait comment la modification de ses apports nutritionnels modifie ses performances. Des sensations subjectives sont ressenties au cours de l'exercice lors des phases d'épuisement en glycogène et de remplissage. Si les résultats obtenus sont positifs, alors le sportif peut essayer des séries entière d'épuisement en glycogène, de régimes hypo-glucidiques, puis hyper-glucidiques à

condition de ne suivre le régime hypo-glucidique durant un jour seulement. En l'absence d'effets négatifs, la durée du régime hypo-glucidique peut alors être augmentée progressivement jusqu'à atteindre 4 jours au maximum.

La rétention de 2,7 g d'eau par gramme de glycogène musculaire synthétisé rend ce «carburant» plus lourd que la même quantité d'énergie stockée dans les lipides. Cette masse corporelle supplémentaire donne souvent la sensation au sportif d'être « trop lourd» et mal à l'aise; tout excès de poids s'ajoute directement au coût énergétique de la course, de la marche ou du ski de fond ainsi que de toute activité physique non portée. Ce poids supplémentaire est obtenu par l'augmentation des réserves en glycogène. D'un point de vue positif, l'eau libérée par le catabolisme du glycogène participe à la thermorégulation, ce qui est bénéfique au cours d'efforts réalisés par temps chaud.

Le modèle classique de surcompensation peut se révéler dangereux chez des individus ayant des problèmes de santé. En effet, une surcharge glucidique intense et régulière alternée avec des régimes hyper-lipidique ou hyper-protéique peut accroître la cholestérolémie et l'urémie. Ceci pourrait avoir un impact négatif sur des individus à risque vis-à-vis du diabète de type II ou de maladies coronariennes, ou encore d'individus présentant certaines déficiences enzymatiques musculaires (la maladie de McArdle) ou souffrant de pathologies rénales. Une forte consommation de lipides peut provoquer des problèmes gastro-intestinaux, auxquels s'ajoute une récupération médiocre de la période d'épuisement physique de la procédure de charge. Durant la phase hypo-glucidique, il peut se produire une cétose prononcée chez les individus qui s'entraînent au cours de cette période. L'absence d'alimentation équilibrée peut occasionner des carences en vitamines et en minéraux, en vitamines hydrosolubles en particulier, qui nécessitent la prise de suppléments nutritionnels. La phase d'épuisement en glycogène réduit manifestement la capacité à suivre un entraînement dur, pouvant aboutir à un effet réel de dés-entraînement durant la période de charge. Des changements néfastes de l'humeur apparaissent chez les individus qui continuent à s'entraîner durant leur régime hypo-glucidique. Enfin, une réduction trop drastique des apports en glucides pendant 3 ou 4 jours pourrait également affecter la masse maigre car durant la phase d'épuisement du glycogène, les protéines musculaires vont servir de substrat néoglucogénique pour maintenir la glycémie.

Mais voici le régime modifié de la charge en glucides :

Cette procédure de 6 jours ne nécessite pas de réaliser un exercice épuisant au préalable. Les sportifs doivent s'entraîner durant 1h30 à environ 75 % de leur V02max (85 % de la FC

maximale), puis réduisent progressivement (par paliers) la durée de l'exercice. Au cours des 3 premiers jours, les glucides ingérés représentent environ 50 % de l'énergie totale. Puis, 3 jours avant la compétition, la teneur en glucides du régime augmente pour atteindre 70 % des apports énergétiques totaux. Cette augmentation provoque une élévation des réserves en glycogène qui atteignent pratiquement le même niveau qu'avec le régime de charge classique. L'approche modifiée de la charge en glucides stimule l'expression de glycogène synthétase (enzyme de synthèse du glycogène) sans qu'il ait été nécessaire, comme c'était le cas dans le régime de charge classique, d'épuiser les réserves en glycogène par un exercice éprouvant. Les recherches scientifiques récentes montrent que chez les personnes entraînées la phase de déplétion extrême n'est pas nécessaire, et qu'une surcharge peut être obtenue en 24 heures. Ainsi des stratégies plus efficaces ont été développées :

\_ le rebond glucidique « immédiat » : la prise de 200g de glucides 3h avant un effort augmente de 11% les stocks musculaires de glycogène (1.17).

\_le rebond glucidique en 24h : un doublement du niveau de glycogène musculaire peut être obtenu en 24h grâce à la prise de 10g de glucides à IG élevé/kg de poids de corps. (1.18). Pour faciliter la prise d'une telle quantité de glucide, les athlètes ont recours à un supplément de maltodextrine sous forme liquide. L'athlète ne devra réaliser aucun entraînement pendant ces 24h de charge. Prolongé ce protocole plus de 24h n'apporte aucun bénéfice.

On peut donc réaliser une charge rapidement à la veille d'un entraînement ou d'une compétition sans avoir à mettre en place une stratégie compliquée...

\_le rebond glucidique sur plusieurs jours : sans changer son apport calorique total, le simple fait d'accroître la proportion des glucides de 60 à 75% sur 4 jours permet à des sportifs d'endurance d'augmenter leur stock de glycogène musculaire de 23% (1.19). Lorsqu'en plus de ce changement, l'apport calorique est accru de 34%, le niveau de glycogène progresse de 12% supplémentaires.

La prise de 10g de glucides par kg de poids de corps par des rameurs s'entraînant 2 fois par jour pendant 4 semaines permet d'accroître les niveaux de glycogène musculaire de 65% (1.20). Ce niveau de glycogène peut être entretenu ensuite avec un apport quotidien de 5g de glucides par kg. L'accumulation de glycogène a permis une augmentation immédiate de 10% de la puissance musculaire sur un parcours de 2500m.

Les sportives sont différentes : en effet contrairement à ce que l'on a mis en évidence chez l'homme, la femme est moins sensible à ces changements. Le fait d'augmenter la part des glucides à 75% sans élever l'apport énergétique n'influence pas leur niveau de glycogène musculaire. Seul l'accroissement de 34% des calories associée à la consommation de 75% de l'apport sous forme de glucides permet une augmentation de 17% du glycogène. Ce qui est minime...

Les différences sont dues au fait que 1) proportionnellement les femmes mangent moins que les hommes 2) que par leur système hormonal elles utilisent plus les graisses que les sucres lors d'un effort, ainsi leur stockage de glycogène est moins crucial que chez les hommes. Pourtant même si le gain de glycogène musculaire reste minime on observe une amélioration notable de leur performance. (1.21). En 4 jours des sportives de haut niveau ont accru de 13% leur stock de glycogène musculaire en augmentant la part des glucides de 50 à 80% de leur apport énergétique. Ce qui a permis une amélioration des performances de 8,5% lorsqu'elles ont du pédaler le plus longtemps possible à 80% de leur VO<sub>2</sub>max.

#### FAUT-IL PRENDRE DES GLUCIDES JUSTE AVANT UN EFFORT ?

Dans l'objectif d'augmenter les stocks de glycogène musculaire et hépatique, certains mangent peu de temps avant un effort. La digestion n'étant pas terminée au début de l'effort, le repas permet encore un apport énergétique prolongé. Certains déconseillent cette pratique car les glucides risquent en effet d'élever le niveau d'insuline, ce qui va baisser la glycémie tout en empêchant de bien utiliser les graisses comme carburant. Paradoxalement au lieu de fournir de l'énergie, cet apport juste avant l'effort risque de nous en priver.

Grâce à un repas contenant 100g de glucides sous formes de céréales et de lait ingéré 3h avant un entraînement, des cyclistes ont pu soutenir un effort de vélo effectué à 70% de leur VO<sub>2</sub>max pendant 136 minutes, contre 109 minutes chez les athlètes n'ayant pas mangé depuis la veille (1.22).

Goospaster a comparé l'effet de 75g de glucose ou de glucides complexes à un placebo utilisé 30 minutes avant un effort chez des cyclistes de haut niveau (1.23). Le test consistait à pédaler 90 minutes à 66% de la VO<sub>2</sub>max, juste avant d'effectuer un effort maximal de 30 minutes. Le but était de démontrer que les glucides complexes fourniraient de l'énergie plus longtemps et

moins brusquement que le glucose... mais cela ne c'est pas vérifié car la meilleure performance a été obtenue avec le glucose (7% meilleur que le placebo).

Chez des femmes actives, la prise de 75g de glucides complexes sous forme de céréales riches en fibres, 45 minutes avant un effort de vélo de 90 min, améliore la performance de 16% par rapport à un placebo (1.24).

Intérêt des boissons énergétiques avant l'effort : usage assez controversé.

Des sportifs entraînés ont bu 150g de glucose avant une épreuve de vélo de 120 min à 63% de leur VO<sub>2</sub>max suivie d'un effort maximal (1.25). Par rapport à un placebo aucune amélioration significative n'a été observée. On a une amélioration de la performance si les 150g de glucose sont bu pendant l'effort lui-même, ou s'ils sont répartis entre avant et pendant l'effort. Mais les boire avant et pendant l'effort n'apporte aucun bénéfice par rapport à une prise pendant l'effort.

L'étude (1.26) montre que 30g de polymère de glucose immédiatement avant un effort maximal d'une heure atténue de 9% la perte de puissance musculaire qui a lieu dans les 20 dernières minutes.

L'étude (1.27) montre que lorsque des triathlètes ont bu une solution à 10% de glucose 5 ou 35 min avant un parcours de 4km de natation, la performance tend à l'amélioration, chez 8 des 10 athlètes.

Les glucides avant et pendant l'effort : a plusieurs reprises, des cyclistes entraînés ont réalisés une épreuve à 70% de leur VO<sub>2</sub>max jusqu'à l'épuisement (1.28).

Dans un cas ils ont reçu 333g de glucides (maltodextrine) ou un placebo, 3h avant l'effort. La capacité de pédalage a été 18% plus longue qu'avec le placebo.

Dans un 2<sup>nd</sup> cas, ils ont bu un total de 175g de glucides, réparti avec des prises qui se renouvelaient toutes les 20 minutes pendant l'effort. La performance a été améliorée de 32%.

Dans un 3<sup>ème</sup> cas, les cyclistes ont bu 333g de glucides 3h avant l'épreuve, ainsi que 175g pendant l'effort. La performance c'est alors amélioré de 44%.

Dans tous les cas, l'action bénéfique des glucides apparaît clairement après 2h 40 d'effort, car à ce moment sous placebo les cyclistes s'épuisent rapidement. Consommé avant et pendant l'effort, la baisse de puissance musculaire est plus lente.

L'étude (1.29) montre que des coureurs ont pris 180g de glucides essentiellement à IG élevé (pain blanc, céréales, jus d'orange, sucre, lait et jambon) ou un placebo, 3h avant une épreuve réalisée à 70% de leur VO<sub>2</sub>max respective, jusqu'à l'épuisement. Les sportifs sous placebo n'ont reçu que de l'eau pendant l'effort ; les sportifs qui ont pris le repas avant l'épreuve ont bu soit un placebo soit une boisson dosée à 6,9% de glucides pendant l'effort.

Sous placebo, la fatigue est arrivée au bout de 102 min, elle a été repoussée de 9min grâce au repas réalisée en amont de l'effort. Chez les coureurs ayant mangé avant l'effort, et bu des glucides pendant celui-ci, la performance a été de 23min plus longue.

Conclusion : recommandation 1-4g de glucides par kg de poids corporel 1 à 4h avant l'effort (1.30). Il faut donner à son corps le temps de s'habituer aux quantités ingurgitées. Afin d'éviter les inconforts digestifs et les vomissements, des hypoglycémies, il faut bien choisir ces aliments et donner le temps à son organisme de s'habituer. Évite les glucides à IG bas qui sont plus fibreux et qui ralentisse la digestion, risque de gêne digestive pendant l'effort.

## L'ALIMENTATION ENERGETIQUE DURANT L'EFFORT

Le but de s'alimenter pendant l'effort est d'apporter de l'énergie, prévenir la chute de la glycémie, économiser les réserves de glycogène, lutter contre la déshydratation.

En effet, la baisse du glycogène musculaire ainsi que la baisse de la glycémie conduit directement à la fatigue. Quand la glycémie chute, une baisse du rythme d'utilisation des glucides s'en suit. La vitesse d'oxydation des glucides est d'environ 1g par minute. Lors d'effort prolongés, cette vitesse peut se réduire de moitié ce qui nuit à la performance.

Grâce à un apport extérieur de glucides, les études montrent un doublement de la vitesse d'utilisation de nos sucres, qui permet d'atteindre les 2g par minute. Un bon maintien de la glycémie augmente la capacité des muscles à utiliser le glucose sanguin, ce qui va permettre d'épargner le glycogène musculaire, et donc repousser la fatigue.

Il est nécessaire d'ingérer au moins 45g de glucides par heure pour bénéficier de l'épargne glycogénique.

Des athlètes ont dû courir le plus longtemps possible à 70% de leur VO<sub>2</sub>max. immédiatement avant l'épreuve ainsi que tous les 20 mins pendant l'épreuve, ils ont consommé soit une

boisson dosée à 5,5% de glucides, soit un placebo (eau). La boisson énergétique leur a permis de courir 132min contre 104min sous placebo. Ce gain d'endurance permis par les glucides s'explique par le ralentissement de 24% de la vitesse de consommation du glycogène. (1.31).

Par contre faite attention si vous prenez vos glucides sous formes de fruits, par exemple les bananes sont fibreuses, ce qui augmente le risque de troubles digestifs (ballonnements etc). Ce qui est contre la performance.

la prise de glucides pendant l'effort atténue le sentiment de fatigue même si la performance n'est pas au rendez-vous. Car notre cerveau utilise le glucose comme carburant, donc une hypoglycémie est associée à des troubles de la concentration, et une fatigue anormale. L'apport d'une solution sucrée va donc maintenir la glycémie et éviter les situations de neuroglucopénie, et ralentir la montée de sérotonine qui est le neurotransmetteur de la fatigue.

Les glucides protègent l'intégrité musculaire : lorsque l'effort se prolonge, une part de l'énergie va être fournie par les acides aminés musculaires. Ce qui va augmenter la production d'ammoniac (vecteur de fatigue) et d'urée (accélérateur de la déshydratation par augmentation du flot urinaire). La prise de glucides pendant un effort long va protéger les muscles du catabolisme, tout en réduisant la production d'urée et d'ammoniac (1.32). Les muscles ayant été moins traumatisés, la période de récupération sera réduite. Donc possibilité de s'entraîner plus et progresser encore.

Quand prendre les glucides pendant l'effort : les glucides ingérés pendant un effort d'endurance commencent à être utilisés 30 minutes plus tard. Leur efficacité est maximale 2h après la prise. Ce temps de latence entre l'ingestion et l'utilisation des glucides est à prendre en compte. Il faut donc utiliser les glucides assez tôt au cours de l'effort. Tout comme l'hydratation, il ne faut pas attendre d'en ressentir le besoin pour utiliser les boissons énergétiques, car ce serait trop tard.

Des sportifs d'endurance ont dû pédaler 2h à 70% de leur VO<sub>2</sub>max avant de réaliser un effort maximal de 15min.(1.33) :

\_ Dans un cas, prise d'une boisson énergétique dosée à 7% pendant tout l'effort.

\_ Dans un autre cas, prise d'un placebo pendant tout l'effort.

\_ Dans un 3<sup>ème</sup> cas, ils ont reçu un placebo pendant 90min, puis, ensuite une boisson dosée en glucides (21%). La performance a été égale à celle obtenue sous placebo.

Grâce à la prise continue des glucides, la performance maximale a été améliorée de 10%. 7 des 8 sportifs ont obtenu leur meilleure performance grâce à la prise de la boisson à 7% de glucides pendant tout l'effort.

Il faut s'habituer progressivement aux boissons énergétiques : pendant un effort d'endurance, notre corps utilise 3 source d'énergie :

\_les glucides les plus faciles à utiliser tant qu'il y en a.

\_les graisses, qui sont consommées en parallèle avec les sucres. Mais plus il y a de sucre dans le corps moins les graisses seront oxydées pour fournir de l'énergie.

\_Plus l'effort va se prolonger, plus le corps va puiser son énergie dans les acides aminés du muscle...

Si vous n'avez jamais utilisé de supplément énergétique pendant l'effort, votre corps a pris l'habitude de puiser dans les graisses (ce qui serait utiles dans l'optique d'une perte de poids) pour pallier la raréfaction des glucides. Prendre une boisson énergétique pour la 1<sup>ère</sup> fois constitue un choc « énergétique » pour le corps. C'est pourquoi il faut du temps afin de progressivement introduire les glucides dans son alimentation de l'effort pour que le corps s'y habitue.

Posologie de la boisson de l'effort : les muscles d'un athlète d'endurance consomment 1g de glucose par minute. Il n'est donc pas utile de boire plus de 60g de sucre par heure pendant un effort. Pour une boisson dosée à 8% cela correspond à l'ingestion de 750ml par heure.

Intérêt des protéines pendant l'effort en complément des glucides :

Les protéines vont limiter la montée de la concentration de sérotonine dans le cerveau (vecteur de fatigue), maintient de l'intégrité musculaire avec les glucides en empêchant le catabolisme, favoriser la restauration du glycogène et la vitesse de synthèse des protéines après l'effort.

a)augmentation des performances:

Le tout premier bénéfice de l'addition des protéines à une boisson glucidique est l'amélioration des performances, comme l'illustre l'étude suivante. Des cyclistes entraînés ont pédalé pendant trois heures à diverses intensités (de 45 à 75 % de leur V02 max.) (1.34). Ils ont observé en forçant le plus longtemps possible à 85 % de leur V02 max. Toutes les 20 minutes certains ont reçu soit un placebo (eau), soit une boisson glucidique dosée à 7,75 %,



soit cette même boisson enrichie avec 1,94 % de protéines. Par rapport au placebo, les glucides ont prolongé l'effort de sept minutes, alors que la combinaison glucides protéines repoussait la fatigue de 14 min.

#### b) Protection de l'intégrité musculaire

Les protéines permettent d'aller au-delà de la simple augmentation des performances en protégeant les muscles du catabolisme. Par exemple, des skieurs de piste confirmés, ou de très haut niveau, ont consommé soit un supplément à base de glucides et de protéines, soit de l'eau, soit aucun supplément (1.35). Pour ceux qui utilisaient les compléments, la prise s'effectuait juste avant, pendant et immédiatement après l'effort. Au total, ceux qui ont pris les suppléments ont bu 1,6 litre d'eau. Ceux utilisant la combinaison ont absorbé un total de 98 g de glucides et 24 g de protéines. Durant la troisième heures d'entraînement, la fatigue s'est fait beaucoup ressentir chez ceux n'ayant pas utilisé de suppléments. Ils ont effectué en moyenne 2,9 descentes. Avec l'eau, 3,5 descentes ont pu être réalisées contre 3,8 avec les glucides+ protéines. Dans les deux heures qui ont suivi l'effort, les marqueurs de catabolisme musculaire ont augmenté de 93 % en l'absence de supplément, et de 49 % avec l'eau. Nous voyons que le simple fait de boire de l'eau protège partiellement l'intégrité de la masse musculaire lors d'un effort effectué par temps froid (entre -2 et -4 °C). La protection a été totale avec la combinaison glucides et protéines.

#### C) Accélération de la récupération

Lorsque les entraînements doivent s'enchaîner de manière rapide, l'ajout de protéine va ainsi procurer des bénéfices substantiels. Des cyclistes confirmés ont pédalé à 75 % de leur V02 max. jusqu'à la fatigue. Douze à quinze heures plus tard, ils ont répété le même effort, mais cette fois à 85 % de leur V02 max. (1.36). Ils ont dû boire soit des glucides seuls, soit une combinaison glucides+ protéines toutes les 10 minutes durant le premier parcours ainsi que dans les 30 minutes qui ont suivi l'exercice. La boisson glucidique apportait environ 50 g de glucides. La combinaison glucides et protéines contenait autant d'hydrates de carbone avec 13 g de whey protéine. La combinaison contenait donc 52 calories de plus que les glucides seuls, ce qui est négligeable.

Lors du premier test, les cyclistes ont pu pédaler 29 % de plus avec la combinaison qu'avec les glucides seuls. Lors du second test, la performance s'est améliorée de 40 % grâce à la combinaison par rapport aux glucides seuls. Les marqueurs du catabolisme musculaire juste avant le second test ont été atténués de 83 % par l'ajout des protéines. Nous voyons qu'en

protégeant l'intégrité de la masse musculaire, la combinaison glucides et protéines accélère la récupération et favorise la performance, ce qui est décisifs lorsque des efforts rapprochés doivent être fournis.

Attention à ne pas remplacer trop de glucides par des protéines, car cela diminuerait les performances d'endurance. Il faut donc conserver sa quantité de glucides et y ajouter des protéines.

Paradoxalement, dans la pratique, beaucoup de sportifs de haut niveau comptent sur le catabolisme musculaire qui se produit durant l'effort pour perdre du poids, leur but étant d'améliorer leurs performances grâce à un poids corporel plus léger. Le cas le plus célèbre est celui de Lance Armstrong qui a sacrifié plus de 6 kg de muscle afin de devenir plus performant. On estime qu'une perte de 5 % de poids équivaut à une amélioration de 1 % des performances à vélo sur terrain plat et beaucoup plus en côte. Cette pratique est clairement malsaine mais elle est cependant assez courante. Chez les sportives, elle est encore plus répandue, car des critères « esthétiques » s'ajoutent aux raisons « pratiques ». Si la fonte musculaire est votre objectif, les protéines sont bien évidemment à éviter car elles vont la ralentir. C'est aussi le cas des gymnastes aux anneaux qui ne veulent pas être trop musclés des jambes pour la pratique de leur sport qui nécessite un excellent rapport force poids.

## STRATÉGIES DE RECUPERATION POST-EFFORT

La préparation nutritionnelle d'un effort futur débute immédiatement lorsque vous venez de terminer un entraînement ou une compétition. Avec la réhydratation, la vitesse de synthèse du glycogène musculaire est probablement le facteur numéro un pour une récupération rapide.

Plus le niveau de glycogène sera revenu tôt à la normale, plus l'athlète retrouvera tôt ses performances. S'il est important de reconstituer rapidement ses stocks énergétiques lorsqu'on va s'entraîner à nouveau dans les jours qui suivent, ce facteur devient primordial chez les athlètes devant s'entraîner plusieurs fois par jour. Nous voyons donc qu'il existe deux situations auxquelles les sportifs vont avoir à faire face: \_récupération à court terme; \_récupération à long terme.

Récupération à court terme :

Pendant la phase de préparation, il est fréquent que l'athlète doive enchaîner les entraînements tout au long de la journée. Sa capacité de récupération ne sera pas à la hauteur, d'où la nécessité d'une supplémentation et d'une diététique adaptées.

Des hommes et des femmes ont couru le plus longtemps possible à 70 % de leur V02 max. (1.37). Ils devaient reproduire ce même effort quatre heures plus tard. Dans ce laps de temps, certains ont reçu soit un placebo soit une boisson glucidique immédiatement, puis deux heures après ce premier effort. La boisson énergétique était dosée à 6,9 % et apportait un total de 1 g de glucides par kg de poids corporel. Lors du second test, le groupe qui avait pris les glucides a pu soutenir son effort durant 62 minutes contre seulement 40 minutes sous placebo.

Le principal facteur limitant la récupération rapide est la vitesse de digestion des glucides. On se heurte à la capacité du système digestif à assimiler cette énergie. C'est pour cette raison qu'il faut se réalimenter le plus vite possible après un effort. Dans un premier temps au moins, il convient de privilégier les glucides à indice glycémique rapide. Les boissons énergétiques ne contenant pas de fibres, elles sont à privilégier sur les aliments classiques, plus difficiles à digérer. Il est aussi très important d'éviter les graisses. Ces dernières ralentissent la digestion et empêchent l'entrée du glucose dans les muscles.

Les glucides de masse moléculaire élevée (waxy maize ou maïs cireux, Vitargo, etc.) sont de plus en plus populaires chez les sportifs de haut niveau. Après un effort, ils permettent de doubler la vitesse de synthèse du glycogène musculaire par rapport aux glucides classiques (1.38).

Du fait de leur vitesse d'assimilation, ils sont aussi à manipuler avec prudence car très susceptibles de causer des hypoglycémies. À déconseiller aux débutants qui ne sont pas maîtres de la manipulation glucidique.

Il est nécessaire d'ajouter des protéines ou des acides aminés à sa boisson de récupération. Le ratio idéal semble être 80% de glucides et 20 % de protéines.

Récupération à long terme :

Fort heureusement, la plupart des sportifs n'ont pas à se ré-entraîner si rapidement, ils ont plusieurs jours pour récupérer avant de répéter leur effort. Plus ce dernier aura été important plus la récupération sera difficile et longue. Par exemple, chez des marathoniens de haut niveau, malgré un régime élevé en glucides (au moins 7 g par kg de poids corporel), le niveau de glycogène musculaire diminue de 56 % après une compétition (1.39). 24H après, il est de 41 % plus bas qu'avant l'effort. Deux jours plus tard, il est toujours 27% plus bas. Il faut sept jours pour revenir au niveau d'avant compétition. Or, c'est la qualité ainsi que la vitesse de récupération qui va déterminer les performances futures. C'est pourquoi il faut agir le plus vite

possible après un entraînement afin de garantir une bonne récupération. (1.40). Elle a démontré que le respect d'un protocole strict d'utilisations des boissons glucidiques était préférable pour une efficacité maximale. Elle a fait boire une solution de glucides dosée à 25 % à des cyclistes soit immédiatement après un effort d'endurance de 70 minutes soit deux heures plus tard. Dans les deux heures qui suivent l'effort, l'utilisation immédiate de la boisson, multiplie par trois la synthèse du glycogène musculaire par rapport au fait de ne rien prendre. Dans les 120 minutes suivantes, la prise de glucides chez les cyclistes qui ont attendu, accélère la vitesse de synthèse du glycogène, mais pas assez pour rattraper le retard énorme accumulé par rapport à ceux qui ont agi immédiatement. En ayant attendu 2h, la vitesse maximale de production du glycogène va être 45% inférieure à celle qui est mesurée lorsque la boisson est utilisée immédiatement après l'effort.

Ivy montre cependant qu'il existe une limite au-delà de laquelle l'augmentation de la quantité de glucides n'accélère plus la vitesse de re-synthèse du glycogène (1.41).

Après un entraînement de deux heures, les sujets ont absorbé soit 1,5 soit 3 g de polymère de glucose par kg de poids corporel immédiatement, puis 2h après l'effort. La synthèse de glycogène n'a pas été différente à 1,5 qu'à 3g.

Accroître l'efficacité des glucides :

La nécessité d'optimiser le stockage glucidique est d'autant plus important que l'effort a provoqué des traumatismes musculaires importants. Dans ce cas, la simple prise de glucides ne suffit pas à endiguer la baisse du niveau de glycogène qui perdure après l'entraînement (1.42). Si elle ne peut pas empêcher la baisse, elle peut encore moins permettre de revenir rapidement aux niveaux de glycogène d'avant l'effort. Il va falloir trouver des moyens de rendre les glucides plus efficaces dans leur tâche de récupération.

Une première stratégie consiste à fragmenter les apports afin de les utiliser le plus fréquemment possible. Dans beaucoup d'études, les sujets ont utilisé les glucides immédiatement après l'effort, puis deux heures plus tard. Utiliser la même quantité de glucides, mais en les prenant toutes les 30 minutes, semble apporter de meilleurs résultats tout en facilitant le travail du système digestif. La période durant laquelle l'effort physique a sensibilisé les muscles aux effets des glucides se prolonge sur environ trois heures. Il conviendra de faire preuve de rigueur alimentaire pendant ce laps de temps. Il est généralement conseillé de consommer 50 à 75 g de glucides dans les 30 minutes qui suivent

l'effort, puis au moins 1,2 à 1,5 g de glucides par kg de poids corporel et par heure durant les trois heures qui suivent.

Mise en garde chez les fumeurs consommant plus d'un paquet par jour, la vitesse de synthèse du glycogène est réduite à moins d'un tiers de celle des non-fumeurs. Au contraire, les sportifs très entraînés ont la capacité de refaire plus rapidement leurs stocks en glycogène. Un entraînement d'endurance de seulement 10 semaines permet de doubler la vitesse de remplissage des réserves de glycogène musculaire après un effort (1.43).

intérêt de la combinaison glucides et protéines après l'effort :

Que cela soit pour la récupération court terme ou long terme, il faut toujours rechercher la plus grande efficacité possible. La prise de glucides, même si elle est très efficace, trouve rapidement ses limites. L'ajout de protéines va permettre d'aller bien au-delà de ce que permettent les glucides utilisés de manière individuelle.

La combinaison glucides et protéines accélère la vitesse de synthèse du glycogène musculaire. Ceci s'explique par la sécrétion plus forte d'insuline qui résulte du mélange protéines+ glucides que glucides seuls. L'insuline va accélérer l'entrée du glucose dans les muscles, tout en favorisant l'activité des enzymes indispensables au stockage du glycogène.

Williams montre que la prise concomitante de protéines et de la boisson glucidique apporte plus d'effets sur la récupération énergétique (1.44). Immédiatement, puis 120 minutes après un parcours de deux heures, des cyclistes entraînés ont bu soit une solution de glucides soit un mélange de glucides+ protéines. Grâce à la combinaison, l'élévation plasmatique de glucose est de 17 % supérieure, et celle d'insuline de 92 % supérieure à ce qui est obtenu avec les glucides seuls. Il en résulte un stockage de glycogène 128 % supérieur à celui produit par les glucides seuls. Quatre heures plus tard, un second effort similaire au premier a dû être produit. La résistance à la fatigue a été de 55 % supérieure chez les cyclistes ayant consommé la combinaison par rapport aux glucides seuls. Mais ce n'était pas à densité calorique égale.

a) Rôle de la densité calorique

Il faut dire que la densité calorique est un autre facteur important pour la récupération, surtout lorsque l'effort est de longue durée. L'étude (1.45) ne confirme pas les résultats de Williams lorsque l'apport calorique est similaire dans les deux groupes. Par contre, les travaux d'Ivy (2002) vont dans le sens de ceux de Williams. Ivy montre que chez des cyclistes masculins entraînés, la prise d'un mélange protéines+ glucides permet de récupérer en 40 minutes 22 %

du glycogène utilisé durant l'épreuve d'endurance qui a précédé. Une solution de glucides seuls apportant le même nombre de calories que le mélange ne permet de récupérer que 11 % du glycogène utilisé. Après deux heures, la récupération est de 30 % avec le mélange contre 24 % pour les glucides seuls. Après quatre heures, la récupération est de 47 % avec le mélange et 31 % avec les glucides.

b) les protéines permettent une récupération plus profonde

Il existe d'autres avantages à substituer des protéines à un peu de glucides. L'intérêt principal est que les protéines vont favoriser la réparation et le renforcement des fibres musculaires qui auront été endommagées lors de votre entraînement. En effet, seules les protéines contribuent directement à réparer les dommages causés aux différents muscles: muscles lisses de l'intestin, muscles squelettiques qui ont assuré le mouvement et muscle cardiaque. Seuls, les glucides ne vont jouer qu'un rôle secondaire sur toute la métabolisme anabolique. Par contre, en synergie avec les protéines, ils vont permettre d'agir très efficacement sur l'intégrité de la masse musculaire.

**« C'est cette protection que tend à montrer l'étude de (1.46)Flakoll (2004). Malheureusement, si l'effet protecteur des protéines sur l'intégrité de la masse musculaire des marines en manœuvre semble réel, il n'est pas flagrant du fait des dosages minimes retenus dans cette étude (10 g de protéines et 8 g d'hydrates de carbone). Avec une posologie plus conséquente, les effets protecteurs auraient sûrement été plus marqués. »**

L'étude (1.47) a suivi des nageurs de haut niveau durant une saison de six mois. Chaque entraînement durait deux heures. Dans un premier temps, l'efficacité d'une boisson énergétique dosée à 6 % a été comparée à de l'eau. Les suppléments ont été utilisés juste avant, puis à deux reprises durant l'entraînement. Dans le groupe utilisant de l'eau, les marqueurs du catabolisme musculaire ont augmenté de 58 %. Grâce aux glucides, ils ont diminué de 11 %.

Puis, suite à une intensification de 25 % de l'entraînement, quatre groupes ont été formés:

\_Le groupe 1 a reçu de l'eau avant et pendant l'entraînement, ainsi qu'une solution de 16 % de glucides juste après l'effort.

\_ Le groupe 2 recevait de l'eau avant et pendant l'effort, puis une combinaison de 16 % de glucides et de 15 g de protéines de lait.

\_Le groupe 3 a bu des glucides avant, pendant et après l'effort.

\_Le groupe 4 a pris les glucides avant et pendant l'effort, et les protéines après.

Le catabolisme progresse de 25 % dans le groupe 1. Il diminue de 12 % dans les groupes 2 et 3 et de 41 % dans le groupe 4. Nous voyons donc qu'il existe un effet additif entre les glucides et les protéines en ce qui concerne protection musculaire.

La poursuite de l'étude chez des nageurs olympique: montre que les protéines+ glucides divisent par 2 la hausse du catabolisme. La récupération musculaire est alors obtenue en 8 heures plutôt qu'en 22, comme c'est le cas avec les glucides seuls.

Intérêts de la glutamine :

On a suggéré que la prise de glutamine après un effort d'endurance favorisait la synthèse musculaire de glycogène. Cela semble être le cas chez des sportifs n'utilisant que la glutamine seule (1.48). La glutamine pourrait alors servir de précurseur de glucides. Par contre, l'ajout de 8 g de glutamine à une boisson énergétique ne semble pas apporter de bénéfices supplémentaires au niveau du muscle (1.49). Cependant, un effet additif sur le stockage du glycogène hépatique est observé. Au vu des autres bénéfices conférés par cet acide aminé chez le sportif, l'ajout de quelques grammes de glutamine dans la boisson de récupération peut s'avérer positif. Mais, il ne serait pas judicieux de compter sur la glutamine seule pour refaire le plein d'énergie après l'effort.

Glucides et surentraînement

Lorsque des efforts d'endurance intenses s'enchaînent au fil des jours, les recherches montrent que les muscles vont progressivement se décharger en glycogène. Cette raréfaction est associée à une baisse des performances ainsi qu'à l'installation d'un sentiment persistant de fatigue. Dans ce cas, il convient d'adopter un régime très riche glucides afin de minimiser la diminution progressive du glycogène.

Par exemple, des cyclistes entraînés ont subi une période de huit jours d'entraînement très intense destinée à les surentraîner (1.50). Dans un cas, les sportifs recevaient une alimentation modérée en glucides (6,43 g par kg de poids corporel) ou plus riche en calories de 22 % grâce à un accroissement de l'apport en glucides (9,4 g par kg). Cet enrichissement provenait surtout d'une supplémentation en glucides liquides qui s'est faite avant, pendant, et surtout juste après, chaque entraînement.

Lors d'un test final, ces sportifs ont dû pédaler le plus vite possible à 74 % de leur V02 max. Du fait de la période de surentraînement, les performances ont diminué de 25% lorsque le régime était modéré en glucides. Dans le groupe riche en glucides, elles ne baissent que de 16%. Après 2 semaines supplémentaires d'entraînement plus modéré, la performance dépassait de 10 % celle de base grâce au régime riche en glucides alors qu'elle était encore de 13 % inférieure avec le régime modéré en glucides.

Si un régime riche en calories et en glucides n'empêche pas le surentraînement, il en réduit fortement l'incidence. Il ne faut cependant pas oublier le fait que la récupération énergétique n'est qu'une des facettes de la récupération. Outre cet aspect énergétique, la récupération doit s'effectuer aux niveaux de l'intégrité des fibres musculaires, des articulations au sens large (articulations, tendons et ligaments), de l'appareil digestif, du système nerveux, endocrinien et immunitaire ... L'aspect énergétique ne doit pas être négligé, mais il n'est pas la clé de tout.

Sur le long terme, le surentraînement va moduler notre capacité à utiliser les glucides. Ainsi, des cyclistes de haut niveau ont été suivis sur toute une saison (1.51). En phase de repos, la capacité de ces champions à bien utiliser les glucides comme carburant diminue. Elle est optimisée lorsqu'ils sont très performants durant la première partie de la saison compétitive. Ensuite, elle diminue en parallèle avec l'installation du surentraînement et la baisse des performances de fin de saison.

## LES REGIMES RICHES EN GRAISSES

### ROLE DES LIPIDES DANS L'ENDURANCE

Les réserves énergétiques graisseuses sont beaucoup plus abondantes que les stocks de glucides. En théorie, il serait bien plus avantageux de compter sur les lipides que sur les hydrates de carbone pour les efforts prolongés. Bien que nous utilisions en permanence les lipides, leur oxydation, surtout à un rythme élevé, est un processus laborieux chez une grande majorité des sportifs. C'est pour cela que la plupart des athlètes comptent sur les glucides.

Pourtant, une minorité d'entre eux est à même d'utiliser de manière très efficace les graisses. C'est aussi une qualité qui se développe avec l'entraînement. Par exemple, chez des athlètes d'endurance bien entraînés, les graisses fournissent 44 % de l'énergie nécessaire pour pédaler deux heures à 50 % de la V02 max. Chez des personnes sédentaires produisant le même



effort, les graisses ne fournissent que 33 % de l'énergie. La conséquence directe de l'amélioration des capacités oxydatives que l'on constate avec l'entraînement est une épargne du glycogène musculaire et hépatique. Dans ce contexte plus favorable, l'effort va évidemment pouvoir être soutenu plus longtemps.

Plus le niveau du sportif s'élève, plus les chances de trouver ce profil « oxydatif » augmentent. Par exemple, huit cyclistes de haut niveau ont dû produire un effort d'endurance à deux reprises. Ils suivaient, dans un cas un régime riche en glucides, et dans l'autre, riche en graisses. Cinq des huit champions ont légèrement amélioré leur performance avec le régime riche en glucides. La performance des trois autres s'est nettement plus améliorée avec les graisses et le chrono des trois athlètes faisant plus que compenser l'amélioration due aux glucides pour les cinq autres.

Si vous débutez ou avez un niveau moyen, vous n'avez que peu de chances de vous situer dans un tel cas de figure. Par contre à niveau égal, les athlètes féminines vont avoir plus de chances de se trouver dans cette catégorie que les hommes. En effet, elles utilisent plus volontiers leurs graisses que les hommes.

Chez les personnes « anormalement » capables d'oxyder les graisses, suivre un régime riche en glucides et avoir une consommation élevée de sucre durant l'effort peu s'avérer très contre productif. Elles seront bien plus à même d'améliorer leur performance grâce à un régime riche en graisse.

#### Intérêt des graisses dans l'endurance

S'il est indéniable que chez la majorité des sportifs un régime riche en glucides va produire une action favorable sur l'endurance, cela ne signifie pas automatiquement qu'il faille rejeter les graisses. De combien doit être l'apport alimentaire lipidique optimal? Durant quatre semaines, L'étude (2.1) a comparé trois niveaux d'apport en graisses chez des coureurs entraînés:

\_Un niveau bas apportant 16 % de l'énergie sous forme de lipides (44 g chez les hommes et 31 g chez les femmes).

\_ Un niveau moyen apportant 31 % de graisses.

\_Un niveau élevé à 44 %.

Un test graduel passant de la marche à une course effectuée à 80 % de la VO<sub>2</sub> max. a mesuré les changements du niveau d'endurance en fonction du régime alimentaire. Le régime à 30 % permet un gain d'endurance de 8 % chez les hommes et de 20 % chez les femmes par rapport au régime 15 %. Le régime 44% ne fournit pas plus de bénéfice que celui à 30%.

Nous voyons donc qu'il n'est pas vraiment utile de manger trop de graisses, et que ce sont les femmes qui bénéficient le plus de ce changement. Il existe cependant un biais dans cette étude, car avec le régime pauvre en graisses, l'apport calorique total des sportifs était d'environ 15 % inférieur à celui des deux autres groupes. Par ailleurs, l'apport effectif en graisses dans le groupe à 45 % s'est révélé moins élevé que prévu. En effet, psychologiquement, il est difficile pour un sportif de manger autant de gras.

Dans la pratique, un régime très riche en graisses paraît difficilement viable, mais des lipides sont nécessaires si ce n'est pour l'endurance au moins afin de maintenir un apport calorique en adéquation avec les dépenses accrues du sportif. Pour information, la moyenne de l'apport lipidique constaté chez les athlètes de haut niveau avoisine les 25 %. Un apport de 20 à 25 % paraît désirable chez un sportif "normal". L'athlète «oxydatif» pourra augmenter cette part aux dépens des glucides.

#### Rôle des triglycérides intramusculaires

Il n'y a pas que les graisses du tissu adipeux que le sportif utilise. Il stocke aussi des graisses dans ses muscles. C'est ce que l'on nomme les triglycérides intramusculaires. Ce sont eux qui marbrent la viande de bœuf par exemple. Chez un sédentaire, il y en a en moyenne 200 g, ce qui équivaut à une réserve énergétique d'environ 1800 calories. Cela représente les 2/3 de l'énergie disponible sous forme de glycogène musculaire. Les femmes semblent mieux pourvues que les hommes. Plus le niveau de l'athlète s'élève, plus ses muscles sont riches en graisses.

Cette concentration peut pratiquement être multipliée par deux avec l'entraînement.

Chez des cyclistes très entraînés qui ont pédalé : 3h à 70 % de leur VO<sub>2</sub> max, le niveau de triglycérides intramusculaires diminue d'environ 60 %, et ce, malgré la prise d'une boisson énergétique durant l'effort. Chez quatre des six cyclistes, cette baisse dépasse même les 70 %. Plus l'effort se prolonge au-delà des deux heures, plus ces réserves vont être entamées. Ces triglycérides musculaires pourraient contribuer à hauteur de 25 % de l'énergie nécessaire aux efforts prolongés.

Cette consommation va avoir des conséquences importantes pour la récupération énergétique. Sept jours après un marathon, les réserves de triglycérides intramusculaires de sportifs entraînés sont toujours 35 % au-dessous de la normale. Leur reconstitution après un effort peut s'avérer critique, surtout avec les régimes riches en glucides et pauvres en graisses. En effet, les hydrates de carbone sont peu à même d'activer ce stockage lipidique. Il est donc impératif de manger des graisses pour refaire spécifiquement ses stocks.

Par exemple, chez des cyclistes entraînés, un parcours de trois heures effectué à 62 % de la VO<sub>2</sub> max diminue le niveau des triglycérides intramusculaires de 21 %. Lorsque, après l'effort, ils ont mangé des aliments riches en graisse (39 % de l'apport calorique), les stocks sont reconstitués en 48 heures. Une surcompensation de 20 % est même constatée. Par contre, ces stocks ne se sont quasiment pas reconstitués avec une alimentation relativement limitée en graisse (24 % de l'apport). Des résultats similaires sont obtenus chez les personnes non entraînées.

## COMMENT RECONSTITUER LES STOCKS DE TRIGLYCÉRIDES INTRAMUSCULAIRES ?

Il apparaît essentiel de faire des repas riches en graisses afin de reconstituer ses stocks de triglycérides intramusculaires. D'un autre côté, une fois ces stocks reconstitués, il n'est pas utile (dans la majorité des cas) de continuer à manger très gras. Nous pouvons ainsi élaborer les étapes d'un protocole pour une bonne récupération énergétique.

\_Immédiatement après un effort :

La priorité doit être donnée au glycogène grâce à une alimentation très riche en glucides rapides, combinée avec des protéines. Aucun repas riche en graisse ne devra être effectué dans les trois heures qui suivent l'effort.

L'étude (2.2) montre qu'un apport calorique à base de maltodextrine immédiatement après l'effort aide déjà à reconstituer les stocks de triglycérides intramusculaires. Au contraire, rester sans manger va contribuer à vider encore plus ces stocks graisseux.

\_3h plus tard :

Les graisses pourront être introduites. L'attente pour l'apport des graisses alimentaires n'est pas une mauvaise chose. Les études ont montré que l'accroissement de l'activité des enzymes responsables de leur stockage dans les muscles n'est pas immédiat. Par contre, cette élévation va durer plusieurs jours. Elle se différencie en cela, de ce qui est noté pour l'activité des enzymes responsables du stockage du glycogène. Celle-ci est plus active juste après l'effort, mais va retomber rapidement dans les heures qui suivent. Ces différences du timing d'ouverture de « fenêtres métaboliques » expliquent pourquoi la priorité doit être donnée au glycogène, puis seulement après, aux graisses.

\_après les 3H :

Des repas combinant lipides et protéines pourront être effectués. Pour agir de manière plus spécifique sur les réserves de triglycérides intramusculaires, et non sur le tissu adipeux, les repas gras doivent contenir le moins possible de glucides. L'objectif est de minimiser la hausse d'insuline. Nous savons en effet que seule une faible part des graisses alimentaires sera effectivement stockée dans les muscles.

L'insuline est l'une des raisons de ce mauvais rendement. C'est à nous d'optimiser cette part qui ira dans le muscle afin de réduire la quantité de graisses alimentaires nécessaires et accélérer le processus de récupération.

Voici quelques exemples de repas gras: omelette au fromage ou fromage (mais sans pain), poulet ou poisson frit (mais pas de frites) ... Un ou deux repas gras quotidiens durant deux ou trois jours après un effort important devraient vous assurer un bon remplissage des stocks de triglycérides intramusculaires. Des graisses végétales issues d'amandes, de cacahuètes, de noix ou d'olives, par exemple, pourront aussi être consommées entre les repas en guise d'encas.

**« Il Est tout de même à déplorer que les données scientifiques fassent encore défaut quant à l'apport lipidique optimal. Il est bien évident que cet apport graisseux doit refléter la durée ainsi que l'intensité de votre effort. Plus ces deux facteurs sont conséquents, plus ces repas lipidiques devront être importants. »**

## LES TRIGLYCÉRIDES A CHAÎNE MOYENNE

Les triglycérides à chaîne moyenne ( TCM ou MCT (en anglais pour Medium-Chain Triacylglycerides, acronyme que l'on retrouve volontiers sur les emballages de compléments) sont des graisses. En théorie, il s'agit de lipides qui sont digérés et utilisés aussi rapidement que des glucides. Les MCT n'influençant pas la sécrétion d'insuline, il n'y a pas de risque d'hypoglycémie. Du supercarburant, dense en énergie.

Comme nous l'avons vu plus haut, notre système digestif ne possède que des capacités limitées d'absorption des sucres. En rajoutant des MCT à sa boisson glucidique, on pourrait renforcer son apport énergétique, et donc sa performance.

Bien que la consommation en TCM ne ralentisse pas la vidange gastrique à l'instar des lipides classiques , il existe des résultats contradictoires sur leur utilisation au cours de l'exercice. Dans des études récentes, des sujets ont consommé sous forme d'huile 380 mg de TCM par kg de poids corporel une heure avant de réaliser un exercice d'une heure à 60-70 % de leur capacité aérobie. Bien que l'ingestion de TCM ait augmenté le niveau plasmatique en corps cétoniques, le mélange métabolique utilisé lors de l'exercice n'a pas varié comparativement à l'ingestion d'un placebo ou d'un polymère de glucose. En consommant 30 g de TCM (quantité maximale tolérée par le tractus digestif) avant l'exercice, les TCM catabolisés ont participé seulement entre 3 et 7% de la dépense énergétique totale.

C'est ce que montre l'expérience (2.3) qui a étudié les effets métaboliques et ergogéniques potentiels de la consommation de grandes quantités de TCM (86g environ étonnamment bien tolérés par les sujets). Six cyclistes entraînés en endurance ont roulé pendant 2 heures à 60 % de leur pic de V02 max en consommant durant l'exercice 2 litres de boisson contenant soit 10 % de glucose, soit 4,3 % d'une émulsion de TCM, soit 10% de glucose+ 4,3% d'une émulsion de TCM. Juste après cette épreuve, les sujets ont réalisé une simulation d'une course contre-la-course durant le contre-la-montre de 40kms. Si la boisson à base de TCM seulement a diminué les performances sportives (d'environ 8 % en accord avec une autre étude), en revanche la consommation répétée au cours de l'exercice de la boisson de glucose+ TCM a entraîné une amélioration significative de 2,5 % de la vitesse de course. Cet effet ergogénique s'est produit de manière concomitante à une plus faible oxydation des glucides à un niveau donné de consommation d'oxygène, à une plus grande quantité d'AGL circulants et à un

niveau plus élevé en corps cétoniques et à de plus faibles concentrations plasmatiques en glucose et en lactate.

Les MCT permettent en effet d'économiser les réserves de glycogène musculaire.

L'effet relativement réduit de la supplémentation en TCM sur la performance en endurance est probablement dû à la faible contribution de ce type d'acides gras à la dépense énergétique totale (et à l'oxydation totale des lipides) au cours d'un exercice aérobie soutenu. La consommation de TCM ne stimulant pas la libération de bile, agent sécrété par la vésicule biliaire qui permet l'émulsion des lipides, crampes et diarrhées accompagnent souvent la consommation excessive de TCM. Des recherches supplémentaires doivent confirmer les allégations sur les propriétés ergogéniques des TCM, ainsi que le niveau de tolérance de ces lipides au cours de l'exercice.

Le problème est que les MCT sont souvent irritants pour le système digestif, surtout s'ils sont utilisés seuls. Plusieurs études confirment ce problème. C'est pourquoi si vous désirez en consommer il faut en prendre progressivement pour que l'estomac s'habitue. Mais surtout il ne faut pas les prendre seuls ! Le rapport bénéfice risque est faible en ce qui concerne les MCT, il y a bien un phénomène d'épargne glycogénique mais à condition de l'utiliser avec des glucides et à introduire lentement.

## LES AUTRES SUPPLÉMENTS DE L'ENDURANCE

### LE PYRUVATE

On a vanté les effets ergogéniques du pyruvate, produit final à 3 carbones de la glycolyse. Le pyruvate, supplément nutritionnel proche des glucides, est supposé augmenter la performance en endurance et favoriser la perte de masse grasse. L'acide pyruvique, substance chimique relativement instable, provoque des troubles intestinaux. Par conséquent, de nombreuses formes du sel de cet acide (pyruvate de sodium, de potassium, de calcium ou de magnésium) sont utilisées comme supplément en gélules, en cachets ou en poudre. Une alimentation normale apporte quotidiennement entre 100 et 2000 mg de pyruvate. On le trouve principalement dans les fruits et les légumes, en particulier dans les pommes rouges (500mg par pomme) et en plus faible quantité dans la bière brune (80 mg dans 33 cl) et le vin rouge (75 mg par verre).

## LE PYRUVATE ET LA PERFORMANCE EN ENDURANCE

Malgré le faible nombre d'études, des rapports signalent les effets bénéfiques d'apports exogènes en pyruvate sur la performance en endurance. Dans deux études croisées menées en double-aveugle par le même laboratoire, 7 jours de supplémentation quotidienne avec 100 g d'un mélange composé de pyruvate (25g) et de dihydroxyacétone (DHA, 75 g; autre composé intermédiaire de la glycolyse) ont permis d'améliorer de 20% l'endurance aérobie pour des exercices du haut et du bas du corps comparativement aux mêmes exercices effectués avec une supplémentation de 100 g d'un polymère de glucose isocalorique. Le mélange pyruvate-DHA a augmenté la durée d'un exercice exhaustif effectué sur cycloergomètre à 70% de  $V_{O2max}$  de 13 minutes (79 min vs 66 min), tandis que la durée d'un exercice à 60 % de  $V_{O2max}$  consistant à faire tourner une manivelle avec les bras a augmenté de 30 minutes (160 min vs 130 min). La perception de l'effort (au niveau des muscles sollicités et du corps entier) évaluée 60 minutes après le début de l'exercice est réduite de manière significative chez les sujets ayant pris le mélange pyruvate-DHA comparativement à des conditions placebo. Dans la pratique courante, la dose optimale de pyruvate est considérablement plus basse que la quantité utilisée dans cette étude. Les recommandations quotidiennes des fabricants de suppléments sont comprises entre 2 et 5 g à prendre au cours d'un repas à n'importe quel moment de la journée.

Les mécanismes proposés pour expliquer les effets positifs exercés par du pyruvate exogène sur l'endurance confirment que le pyruvate extracellulaire augmente le transport de glucose dans les muscles actifs. Cette meilleure « extraction » du glucose sanguin constitue une source importante d'énergie glucidique pour soutenir un exercice aérobie d'intensité élevée tout en préservant les réserves glycogéniques intramusculaires. Quand l'alimentation habituelle contient une quantité normale de glucides (environ 55% de l'énergie totale), la supplémentation en pyruvate augmente aussi les réserves en glycogène musculaire précédant l'exercice. Ces deux types d'effets, l'augmentation des niveaux en glycogène précédant l'exercice et l'augmentation de l'entrée et de l'oxydation du glucose dans le muscle, devraient favoriser l'endurance lors d'exercice d'intensité élevée autant que les effets ergogéniques de la charge en glucides et de la consommation de glucides au cours de l'exercice. La question restant de savoir, à l'aide d'études complémentaires, si l'ingestion de pyruvate apporte un bénéfice « ergogénique » plus important que la charge en glucide avant l'exercice ou bien que la consommation de glucides durant l'exercice.

## EFFET DE LA CAFEINE SUR LA PERFORMANCE

Tout comme les boissons énergétiques, la caféine est l'une des molécules les plus efficaces pour accroître la performance. Ses applications dans le sport sont très larges, car elle agit aussi bien sur les efforts brefs que très longs. Elles débordent même sur la vie de tous les jours avec une explosion du nombre des boissons ou aliments enrichis en caféine.

Le mécanisme d'action de la caféine est très large :

\_psychostimulant

\_Sur les muscles, la caféine augmente la force de contraction.

\_Dans le tissu adipeux, la caféine accélère la mobilisation des graisses, ce qui procure un gain d'énergie lors d'efforts prolongés. D'où ses propriétés amincissantes.

\_ Elle contribue au maintien de la glycémie donc aide à combattre les hypoglycémies.

\_ L'ajout de caféine aux boissons énergétiques permet d'accroître l'absorption intestinale des glucides. Elle lève ainsi un des facteurs limitant la capacité de ces boissons.

\_Elle réduit la sensation de pénibilité de l'effort.

La performance de tous les sports est améliorée par la caféine en effet 1h après la prise de 6mg de caféine par kg de poids corporel par des hommes, leur force musculaire maximale augmente de 3,5% (2.4). c'est dû au recrutement plus important de fibres musculaires. Lorsque la charge correspond à 50% de la force maximale, la performance est améliorée de 11%.

Pour ce qui est de l'endurance, des sportifs entraînés ont dû effectuer un parcours cycliste le plus rapidement possible (2.5). Dans les 20 minutes qui ont précédé l'effort ainsi que durant celui-ci, ils ont reçu différentes boissons :

\_lorsque la boisson ne contenait que de l'eau, il a été réalisé en 62,5 minutes;

\_avec une boisson énergétique dosée à 7 % de glucides, ils ont mis une minute de moins;

\_lorsque 150 mg de caféine ont été ajoutés à la boisson énergétique, ils ont encore gagné une minute;

\_la meilleure performance (59 minutes) est obtenue avec la boisson énergétique+ 225 mg de caféine;



\_l'augmentation de la dose de caféine à 320 mg n'apporte rien de plus en terme de performance.

Chez des athlètes de sports collectifs, la prise de 6 mg de caféine par kg améliore les capacités physiques de deux mi-temps de 36 minutes chacune (2.6). L'effort durant ces deux mi-temps consistait en dix-huit sprints de quatre secondes, séparés chacun de deux minutes de repos actif (course à allure modérée). La performance a été améliorée de 8,5 % avec la caféine par rapport au placebo lors de la première mi-temps. La performance s'est accrue de 7,6 % avec la caféine lors de la seconde mi-temps.

La consommation de 4 tasses de café-filtre une heure environ avant un effort prolonge aussi bien l'endurance lors d'un exercice aérobic modéré effectué dans les conditions de laboratoire, que la performance lors d'un effort physique très intense et de plus courte durée. Un effet ergogénique peut même apparaître lorsque la caféine est absorbée juste avant l'effort. Les spécialistes de course à pied de longue distance qui consomment 10 mg de caféine par kilo de masse corporelle juste avant une course poussée jusqu'à épuisement améliorent leur temps de 19 % par rapport aux témoins qui prennent un placebo. Les sujets réalisent un effort de 90,2 minutes avec la caféine et seulement de 75,5 minutes sans caféine. Même si les valeurs du rythme cardiaque et de la consommation d'oxygène durant les deux épreuves sont similaires, l'effort semble plus facile à réaliser sous l'effet de la caféine.

Les mesures du glycérol plasmatique et de la concentration plasmatique en acides gras libres ainsi que celle du quotient respiratoire montrent que la consommation de caféine avant un effort augmente le catabolisme des graisses et diminue l'oxydation des glucides. Des doses de caféine plus importantes induisent un effet ergogénique sur l'endurance, mais produisent chez certaines personnes un dépassement des valeurs limites anti-dopages pour les concentrations en caféine urinaire fixées par le CIO. À ce sujet, il est intéressant de noter que la caféine est la seule substance pour laquelle des limites urinaires ont été imposées par le CIO. Les effets ergogéniques de la caféine sur les performances en endurance s'appliquent également aux efforts aérobies réalisés en ambiance chaude.

La caféine présente aussi un avantage ergogénique pour les épreuves de natation d'endurance réalisées en moins de vingt-cinq minutes. Lors d'un test en double aveugle réalisé dans le cadre d'un protocole de recherche croisé, 7 hommes et 4 femmes, tous spécialistes en natation d'endurance (moins de 25 minutes au 1500 m) ont consommé de la caféine (6 mg par kilogramme de masse corporelle) deux heures et demie avant une épreuve de natation de 1500

m. Les temps intermédiaires mesurés tous les 500 m de nage sont significativement améliorés avec la caféine. Le temps total pour cette épreuve est plus court de 1,9 % avec la caféine (20'58"6 contre 21'21"8). L'amélioration des performances par la caféine est associée à la faible concentration plasmatique en potassium qui précède l'effort et à une glycémie plus élevée à la fin de l'épreuve. Cela semble indiquer que la balance électrolytique et la disponibilité du glucose pourraient être les facteurs clef des effets ergogéniques de la caféine.

#### IJNE RELATION DOSE-RÉPONSE INEXISTANTE

les effets de la caféine sur les temps d'endurance de 9 cyclistes bien entraînés. Les sujets ont reçu soit un placebo, soit une capsule contenant 5, 9 ou 13 mg de caféine par kilogramme de masse corporelle une heure avant de pédaler à 80 % de leur V<sub>O2</sub>max. Toutes les épreuves réalisées sous l'influence de la caféine montrent une amélioration significative des performances de 24 %. Cependant, aucun avantage n'apparaît pour des quantités supérieures à 5 mg par kilogramme de masse corporelle. Pour tous les sujets, seule la dose de caféine la plus faible a permis de conserver une concentration urinaire en caféine inférieure à la limite anti-dopage fixée par le CIO, une découverte d'importance pour les sportifs de haut niveau.

Mais le café n'est pas aussi puissant que la caféine. En effet, les recherches ont montré que si le café tendait à améliorer la performance, il n'est pas capable de le faire aussi bien que la caféine. L'explication qui est avancée est que parmi les centaines de molécules différentes qu'il contient, certaines inhiberaient l'action stimulante de la caféine. En effet, des découvertes récentes suggèrent aussi que les effets ergogéniques de la caféine sur la performance d'endurance ont tendance à s'atténuer lorsque la caféine est consommée sous forme de café et non sous forme de cachets dissous dans de l'eau. Il semblerait que certains composants du café pourraient effectivement contrarier l'action de la caféine. Les effets bénéfiques n'apparaîtraient alors pas systématiquement chez les consommateurs réguliers de café. Aussi, un sportif doit-il tenir compte de la « tolérance à la caféine » avant de considérer le bénéfice réel que la caféine peut lui apporter. En pratique, les sportifs devraient éviter toutes les nourritures ou boissons contenant de la caféine les 4 à 6 jours précédant la compétition afin de maximiser les effets bénéfiques potentiels de cette substance.

Comment utiliser la caféine ?

La caféine agit assez rapidement. La concentration maximale de caféine dans le sang est obtenue 60 minutes après la prise. Son action se prolonge pendant plusieurs heures, car sa destruction par le corps est relativement lente. Dans les faits, la prise de 300 mg de caféine

sous forme de compléments produit une élévation du rythme cardiaque en 15 minutes. Cette élévation est maximale après 45 minutes et revient à la normale en 90 minutes. L'activité physique peut donc débiter rapidement après la prise. Par contre, son effet sur la mobilisation des graisses semble optimal trois heures après la prise.

La dose optimale de caféine se situe entre 3 et 6 mg par kg de poids corporel (ou 210 à 420 mg pour un sportif de 70 kg). Des effets positifs sont parfois notés à des concentrations plus basses. Cela pourrait être lié au fait que, plus le niveau du sportif est élevé, plus il est sensible aux actions stimulantes de la caféine. Ceci signifie qu'à doses égales, le sportif entraîné bénéficiera d'une plus franche amélioration de ses performances qu'un sportif débutant. Notez, par contre, que les effets de la caféine semblent amoindris lorsque la température ambiante s'approche de 0°C, même si elle aide à mieux maintenir la température du corps dans ces conditions.

Faut faire attention chez certaines personnes très sensibles aux effets secondaires : élévation du rythme cardiaque pouvant conduire à des palpitations et une montée de tension, tremblements, agitation, anxiété. Mais elle ne semble pas accentuer la déshydratation chez le sportif.

Les individus qui habituellement ne consomment pas de caféine peuvent ressentir, lorsqu'ils en consomment, des effets secondaires indésirables. La caféine stimule le système nerveux central et peut entraîner nervosité, maux de tête, insomnie, irritabilité, palpitations, tremblements, agitation psychomotrice, élévation du rythme cardiaque et de la pression artérielle, et déclencher des contractions prématurées du ventricule gauche. Sur le plan de la thermorégulation, la caféine agissant comme un puissant diurétique, sa consommation peut entraîner une perte inutile de liquide avant un effort physique et perturber la régulation thermique et la performance sportive en ambiance chaude. Cet effet déshydratant peut être atténué en limitant les pertes de liquide au cours de l'exercice grâce à l'action des catécholamines qui vont diminuer le flux sanguin rénal d'une part, et par l'augmentation de la réabsorption rénale des solutés et de la conservation en eau qui en résulte (effet osmotique) d'autre part.

Si les effets d'un excès de caféine ne présentent pas de risque significatif pour la santé, une «overdose» de caféine peut en revanche entraîner la mort. La LD-50 (doses orales létales pouvant tuer 50% de la population) pour la caféine est estimée à 10 g (150 mg par kg de masse corporelle).

## DE LA CREATINE POUR L'ENDURANCE

Si les études effectuées sur des sportifs de force montrent majoritairement une action positive de la créatine, ce n'est pas le cas pour les recherches concernant son action sur l'endurance. En effet, la créatine affecte surtout les fibres de type II (fibres de la force et de la puissance) plutôt que les fibres de type I (fibres de l'endurance). De plus, la créatine fait prendre du poids, ce qui n'est pas forcément une bonne chose dans les sports d'endurance, et pour les nageurs, des problèmes de flottaison peuvent apparaître.

Pourtant, les épreuves prolongées ne sont que rarement composées exclusivement d'effort d'endurance pure. Il y a des moments où la cadence doit être accélérée, particulièrement en fin de parcours. De nombreuses recherches montrent que la créatine peut faire la différence lorsqu'un effort intense doit être produit, voire répété, au cours d'une épreuve d'endurance.

Chez des rameurs de haut niveau, la prise quotidienne de 20 g de créatine pendant six jours permet de diminuer de plus de 3sec le temps nécessaire pour effectuer un parcours de 2000m (2.7). Aucune amélioration n'a été notée sous placebo. Par contre, la performance de 20 sec sur rameur fixe n'a pas été améliorée sous créatine.

Des hommes et des femmes sédentaires ont pédalé de plus en plus rapidement jusqu'à l'épuisement. Ce test a duré environ 20 minutes (2.8). Grâce à la prise de 20g de créatine durant sept jours, le temps d'effort s'est prolongé de 6 %. Aucun effet n'est noté dans le groupe placebo. La consommation d'oxygène et le rythme cardiaque l'effort ont été moindres sous créatine.

Chez des triathlètes, la prise quotidienne de 6g de créatine pendant cinq jours améliore la performance d'efforts intensifs lorsque ces derniers sont intercalés entre des épreuves d'endurance (Engelhard), il faut noter dans cette étude que les résultats sont obtenus grâce à une dose de créatine beaucoup plus basse que les 20 à 25 g généralement utilisés.

La créatine a aussi été testée en spéléologie (2.9). Pendant 3 semaines des spéléologues ont reçu quotidiennement 4 g de créatine et 2 g (de BCAA alors que d'autres prenaient un placebo). Les tests ont eu lieu en profondeur dans une grotte. Les sujets ont dû grimper à la corde (test anaérobie) et effectuer un parcours (test aérobie). Ces tests ont été réalisés deux fois. Une première fois au début de la descente, et une seconde fois après douze heures de marche dans la grotte. Les chercheurs ont noté qu'après les épreuves, le rythme cardiaque chez les utilisateurs de créatine/BCAA revenait plus rapidement à la normale que dans le

groupe placebo. L'élévation du rythme de la respiration a aussi été moindre dans le groupe créatine. Grâce au supplément, l'ampleur du catabolisme musculaire induit par cette excursion a été atténuée de 25 %.

## LA CARNITINE ET LA PERFORMANCE

La L-carnitine, acide carboxylique à chaîne courte contenant de l'azote, est un composé qui se trouve dans la viande et les produits laitiers. Il s'agit d'une molécule que notre foie et nos reins synthétisent à partir de deux acides aminés (lysine et méthionine), trois vitamines (niacine, B6 et C) ainsi que du fer. Chez une personne sédentaire, cette fabrication de carnitine représente environ 20 mg par jour. Ceci couvre une partie de nos besoins, car nous éliminons quotidiennement de 15 à 50 mg de carnitine. Le reste des besoins est assuré par notre apport alimentaire, en particulier la viande et les laitages. Les végétariens sont donc plus susceptibles que les autres d'avoir des niveaux de carnitine bas. La quasi-totalité des 20 à 25 g de carnitine que renferme le corps se localise dans les muscles. C'est à cet endroit qu'elle va avoir le plus d'effet.

Environ 95 % de la carnitine de l'organisme sont stockés dans les cellules musculaires. Indispensable au métabolisme, la carnitine facilite l'entrée des acides gras à longues chaînes dans la matrice mitochondriale (grâce à la carnitine-acyl-coA transférase) où ils vont participer au métabolisme énergétique par le biais de la beta-oxydation. Il semblerait que ce mécanisme dépendant de la carnitine soit une étape limitante de l'oxydation des acides gras. La carnitine intracellulaire maintiendrait également constant le rapport acétyl-coA/CoA dans la cellule. L'amélioration de ce rapport augmente le métabolisme énergétique du muscle squelettique en réduisant l'inhibition de la pyruvate déshydrogénase; ceci a pour effet de faciliter la conversion du pyruvate (et du lactate) en acétyl-coA dans les fibres musculaires lentes de type I en particulier. Cette fonction de la carnitine pourrait réduire l'accumulation d'acide lactique et augmenter ainsi la performance sportive.

Tout comme la personne qui désire perdre du poids, le sportif est intéressé par cette propriété. En effet, plus il sera à même d'utiliser son énergie graisseuse, plus il économisera son glycogène. La carnitine semble aussi favoriser l'oxygénation des muscles grâce à une action vasodilatatrice. Elle a un rôle sur la récupération et la croissance musculaire, du fait de son impact sur le système endocrinien.

La L-carnitine jouerait le rôle de vasodilatateur au niveau des tissus périphériques, et augmenterait ainsi la circulation sanguine régionale et l'approvisionnement en oxygène. Dans une étude évaluant l'efficacité de la supplémentation en L-carnitine sur l'apparition tardive de la douleur musculaire, des sujets ont pris soit des suppléments en L-carnitine (3000 mg par jour pendant 3 semaines), soit un placebo. Les sujets ont effectué des mouvements excentriques dans le but de provoquer une contracture. En comparaison avec les conditions placebo, les douleurs et les lésions musculaires ressenties après l'exercice étaient moindres chez les sujets ayant reçu de la L-carnitine, comme en témoignent de plus faibles concentrations plasmatiques de l'enzyme musculaire, créatine kinase. Le pouvoir vasodilatateur de la L-carnitine devrait améliorer l'apport en oxygène aux tissus lésés, favorisant ainsi la clairance des substances libérées par les muscles lésés.

Les sportifs ont-ils de plus gros besoins en carnitine que les sédentaires ?

Arenas (1991) a analysé l'impact de l'effort sur la carnitine chez des sprinters et des coureurs de longue distance durant une période de préparation de six mois. L'entraînement a temporairement abaissé le niveau de carnitine musculaire totale. Au contraire, l'élimination urinaire a augmenté. Mais il n'y a que chez les sprinters que l'effort physique a été associé à une baisse durable du niveau de carnitine. Les sportifs de force et de puissance semblent donc les plus susceptibles de «manquer» de carnitine. Ceci d'autant que les régimes alimentaires riches en protéines favorisent aussi l'élimination de la carnitine. Une supplémentation quotidienne de 1 g est capable de prévenir ces altérations délétères (2.10).

Effet d'une supplémentation carnitine :

Le gros problème de la carnitine concerne son assimilation. Celle-ci n'est que de 5 à 15 %, le reste étant éliminé. Ces valeurs peuvent être améliorées lorsque la carnitine est utilisée conjointement avec des glucides. Cependant, même si une supplémentation peut effectivement accroître le niveau sanguin de carnitine, son efficacité va énormément varier en fonction de l'individu. Diversité de réponses qui pourrait s'expliquer par les différences de niveaux de carnitine des utilisateurs avant de débiter la supplémentation. On estime qu'une prise quotidienne de 2 g ne produira qu'une élévation moyenne de 8 % du stock corporel de carnitine en deux semaines.

Le niveau d'oxydation des acides gras modifie l'intensité d'un exercice aérobic

Au cours d'un exercice aérobic de longue durée, la concentration plasmatique en acides gras libres augmente souvent au-delà des besoins énergétiques réels. On peut supposer qu'une telle élévation des lipides plasmatiques provoque une entrée et une oxydation inadéquates des acides gras dans la mitochondrie en raison d'une concentration en L-Carnitine insuffisante. Si ceci est exact, l'augmentation de la concentration intracellulaire de L-Carnitine par une supplémentation nutritionnelle devrait améliorer l'oxydation des lipides au cours de l'exercice et élever le transfert d'énergie aérobic à partir du catabolisme lipidique même si les réserves glycogéniques sont limitées. La supplémentation devrait être très bénéfique lorsque les réserves en glycogène sont épuisées, l'oxydation des lipides étant alors favorisée.

Chez des marathoniens, les analyses révèlent que les sept sujets retenus dans l'étude « souffrent » tous de carence relative en carnitine (2.11). Une supplémentation de six semaines à raison de 2 g quotidiens permet d'accroître leur vitesse de pointe de plus de 5 %. Par rapport à un placebo, leur consommation d'oxygène ainsi que leur rythme cardiaque durant l'effort sont diminués. La part de l'énergie issue des graisses est augmentée.

Chez des sportifs d'endurance, la prise de 2 g de L-carnitine durant 28 jours permet effectivement d'accroître la part des graisses consommée comme carburant durant un effort cycliste de 45 minutes effectué à 66 % de la  $V_{O_2}$  max. (2.12). Ces résultats contrastent avec une étude récente qui montre que chez l'homme, la prise de 2 g de L-carnitine L-tartrate n'influence pas l'oxydation des graisses, mais accroît celle des glucides (2.13).

Lorsque des rugbymen ont dû pédaler à 80 % de leur  $V_{O_2}$  max. après avoir pris divers suppléments (2.14), ils ont tenu:

\_ 14 minutes sous placebo.

\_ 20 minutes sous caféine (5 mg par kg de poids corporel).

\_ 23 minutes sous carnitine.

\_ 31 minutes sous carnitine + caféine.

On observe un effet additif avec la carnitine et la caféine. La carnitine peut aussi s'avérer utile lorsque des efforts doivent être répétés dans une même journée. Des sujets (certains entraînés, d'autres sédentaires) ont reçu 2 g de L-carnitine L-tartrate durant cinq jours (2.15). Ils ont ensuite dû pédaler rapidement 15 min puis plus lentement durant une heure. Leur force

musculaire a été comparée à ce moment avec celle qu'ils avaient avant le vélo. Grâce à la carnitine, la perte de force a été atténuée de 11 à 14 % par rapport au placebo. Les chercheurs remarquent que seuls neuf des douze sujets ont répondu favorablement à l'action de la carnitine(en ne retenant que ces personnes, l'atténuation de la perte de force atteint les 15 à 19%).

attention la carnitine peut être très hypoglycémiant.

## LES COCKTAILS D'OXYGENE

Le fait de respirer de l'oxygène accélère la récupération pendant ou après un effort. Il n'est pourtant pas tique de se promener avec des bouteilles d'oxygène , on a proposé d'absorber l'oxygène, non pas en le respirant, mais plutôt en le buvant sous forme de cocktail d'oxygène. Attention cela n'a rien à voir avec l'eau oxygénée qu'il ne faut surtout pas boire, ça peut prêter à confusion.

Une eau plate classique contient de 4 à 10 mg d'oxygène par litre. Les cocktails d'oxygène montent à 90 mg par litre. Ce sont les Soviétiques, qui ont, les premiers, fait la promotion de ces cocktails (2.16). Dans une étude, qui n'est parue que sous forme de résumé, (2.17) Jenkins rapporte une augmentation de 2,5 % de la performance de sprint effectué à vélo par des cyclistes entraînés ayant bu ce type de boisson 15 minutes auparavant. Il note aussi une meilleure« oxygénation» du sang surtout chez les plus chevronnés des sportifs.

Par contre, les études publiées dans les périodiques scientifiques ne détectent aucun bénéfice de telles boissons pour le sportif, aussi bien sur le court que sur le long terme (2.18). L'une des explications pourrait venir du fait que des analyses chimiques révèlent que le contenu en oxygène de certaines de ces boissons s'avère fréquemment inférieur à celui qui est annoncé sur l'étiquette. L'autre explication viendrait du fait que l'on ne peut pas ingérer de l'oxygène en le buvant.

Si ces boissons ne semblent pas produire d'effet secondaire sur le système immunitaire ou sur le foie, une augmentation du niveau des radicaux libres est notée (2.19). On en conclut un faible bénéfice pour beaucoup de risques.



## PROTEINES ET MASSE MUSCULAIRES

### METABOLISME DES PROTEINES

Lorsqu'on parle de muscle, l'idée de protéines lui est immédiatement associée. En dehors de l'eau, les protéines sont les constituants majeurs des fibres musculaires. Il est donc naturel de vouloir prendre des protéines lorsqu'on désire accroître sa masse musculaire. Mais les protéines ne servent pas seulement de matière première aux muscles: elles sont aussi de puissants stimulateurs de la synthèse des protéines musculaires (anabolisme) (3.1).

Les acides aminés sont les composants de base des protéines. Lorsque nous mangeons des protéines alimentaires, ces dernières sont découpées en acides aminés par le système digestif, puis absorbées sous cette forme.

Chez l'homme, il existe 2 grandes catégories d'acides aminés :

a) les acides aminés essentiels : Acides aminés que notre corps n'est pas en mesure de synthétiser lui-même. Ces acides aminés doivent être apportés par l'alimentation. Les recherches ont démontré que les acides aminés essentiels jouaient le rôle le plus important dans la réponse anabolique qui suit la prise de protéines.

b) les acides aminés non essentiels : Acides aminés que le corps peut synthétiser à partir des autres acides aminés. Leur apport par l'alimentation est souhaitable, mais pas vital. L'étude (3.2) montre que les acides aminés non essentiels ne jouent pas de rôle important dans la stimulation de l'anabolisme musculaire qui suit l'ingestion de protéines.

Pour les sportifs, 2 autres catégories d'acides aminés apparaissent :

a) les acides aminés devenus essentiels par l'activité

Cette sous-catégorie d'acides aminés semi-essentiels est constituée des acides aminés que le corps peut fabriquer en petite quantité. Chez un homme sédentaire, cette faible production couvrira plus ou moins les besoins, mais si un événement comme un effort musculaire intense induit une sur-destruction de ces acides aminés, nos capacités internes de fabrication seront très vite débordées.

Par exemple, un effort musculaire va accélérer la destruction des stocks de glutamine tout en augmentant les besoins des muscles, du système digestif et du système immunitaire en cet acide aminé. Pourtant, nos muscles ne sont capables de synthétiser que 20 à 50 g de glutamine par jour. Cette quantité sera trop faible pour couvrir ces nouveaux besoins. Cette inadéquation

entre la production et la consommation corporelle de glutamine se traduit alors par des baisses importantes et durables du niveau de glutamine dans le sang et dans les muscles.

Pour le sportif, c'est dans cette catégorie que se classent aussi l'arginine, la taurine ...

b) les acides aminés aux propriétés particulières

Acides aminés qui semblent, en effet, ne pas jouer de rôle vital pour l'homme. Les besoins de l'organisme vis-à-vis d'eux sont d'ailleurs très mal définis, mais les recherches médicales ont montré que leur ingestion induit des actions très particulières qui peuvent intéresser le sportif. Par exemple la théanine favorise la relaxation et l'endormissement. La 4-hydroxy-isoleucine stimule fortement la sécrétion d'insuline ... Dans cette catégorie, nous trouvons aussi la carnosine, le HMB ... (hydroxymethylbutyrate)

## BESOINS EN PROTÉINES DES SÉDENTAIRES

Chez un homme sédentaire en bonne santé, le catabolisme ou le rythme de dégradation des protéines corporelles atteint un peu plus de 300 g par jour (3.3). Cette dégradation est compensée par un anabolisme à peu près équivalent. Environ 80 % des protéines dégradées sont recyclées et réutilisées pour l'anabolisme. Par contre, les 20 % restants sont détruits de manière irréversible et doivent être compensés par l'alimentation. Les évaluations concernant les besoins quotidiens en protéines d'un adulte sédentaire sont de 0,6 à 0,8 g par kg.

Ce cycle dégradation, reconstruction est désigné sous le terme de «turnover» des protéines.

Chez un adulte sédentaire, ce turnover est à somme nulle, puisque l'ampleur de la dégradation va être égale à l'anabolisme. Chez un adolescent, le turnover est en général positif, l'anabolisme étant supérieur au catabolisme. Il en résulte un gain de masse musculaire. Chez une personne âgée, le turnover est négatif, car l'ampleur de la dégradation ne sera que partiellement compensée par l'anabolisme. Ce déséquilibre explique la perte de masse maigre liée à l'âge.

Le rythme de ce turnover des protéines est régulé par deux principaux facteurs sur lesquels nous avons une liberté de choix totale: l'apport en nutriments et l'exercice physique. Bien évidemment, la puissance du turnover est également contrôlée par d'autres facteurs, telles nos hormones, sur lesquelles nous n'avons toutefois qu'assez peu de prise.

#### a) la régulation alimentaire

Le fait d'arrêter de manger ou de manger nettement moins que nos besoins caloriques, se traduit par une fonte musculaire rapide, même si une activité physique est maintenue. Une alimentation très pauvre en protéines risque aussi d'induire une fonte musculaire. Nos besoins en acides aminés essentiels ne seront plus couverts. Or, la réduction de la disponibilité des acides aminés entrave les processus anaboliques (3.4).

#### b) la régulation par l'effort

Une activité physique, si minime soit-elle, stimule la synthèse des protéines. En l'absence d'apesanteur, cette part de l'anabolisme induite par l'activité physique, s'effondre faute de résistance musculaire. C'est pour cette raison que les cosmonautes perdent rapidement une partie de leur muscle et de leur force dans l'espace. C'est notre niveau d'activité qui conditionne notre masse musculaire.

L'étude (3.5) a montré que l'action anabolique des acides aminés est nettement réduite par l'inactivité physique. Au contraire, l'exercice sensibilise le muscle aux activités anabolisantes des protéines.

Une fonte musculaire sera d'autant plus rapide dans le cas d'une restriction calorique associée à une réduction de l'activité physique. C'est exactement ce scénario que nous retrouvons dans une maladie grave par exemple.

### LES SPORTIFS ONT ILS DES BESOINS ACCRUS EN PROTÉINE ?

Il y a plusieurs raisons pour lesquelles les besoins des sportifs sont augmentés par rapport à ceux des personnes sédentaires :

\_ Les recherches médicales mettent en évidence que le catabolisme, et donc le turnover des protéines, est accru par l'effort physique. La durée et l'intensité de l'effort sont deux facteurs déterminant l'ampleur de ce catabolisme. L'étude (3.6) a montré qu'un effort aérobic d'une heure induit l'élimination irréversible de 29 g de protéine lorsqu'il est modéré, et de 45 g lorsqu'il est plus intense.

\_ Une partie de l'énergie musculaire est produite à partir des acides aminés. Les BCAA sont les principales victimes de cette utilisation.

\_L'entraînement physique risque d'induire une hausse des hormones qui dégradent les fibres musculaires. Il crée aussi une inflammation générant des cytokines qui s'attaquent aux muscles. Il s'agit là de facteurs qui vont continuer à dégrader les protéines durant de longues heures après l'effort.

\_ Les sportifs sont susceptibles d'avoir une masse musculaire plus importante qu'un sédentaire. Ceci se traduit mathématiquement par un accroissement des besoins protéiques.

\_ Les pertes en acides aminés aussi bien urinaires que sudorales sont augmentées par l'exercice.(3.7)

### **Évaluation des besoins protéiques des sportifs**

#### a)les athlètes d'endurance

Ils ont des besoins qui varient de 1,2 à 1,6 g de protéines par kg de poids corporel suivant l'intensité et la durée de l'effort. Par exemple, un sportif de 70 kg qui s'entraîne de manière modérée aura besoin de 84 g de protéines, alors que s'il s'entraîne de manière assidue, allant au bout de ses possibilités, il aura besoin d'environ 112 g.

Ces résultats sont confirmés par l'étude (3.8). Ce dernier montre que la prise de 0,8 g de protéines par kg chez des sportifs d'endurance, n'est pas suffisante pour maintenir un équilibre azoté positif. Cela signifie qu'en se contentant d'un apport de 0,8 g de protéines, ces sportifs puisent des acides aminés dans leurs muscles afin de couvrir leurs besoins quotidiens. Avec un apport de 1,8 g par kg, l'équilibre azoté redevient positif ce qui témoigne d'une accumulation de masse musculaire nouvelle. L'auteur estime donc qu'un apport protéique minimum chez les sportifs d'endurance se situe bien aux alentours des 1,2 g par kg ou qu'il doit représenter au moins 10 % de l'apport calorique quotidien.

#### b)Les sportifs de force

Ils ont des besoins encore plus importants. Leur apport doit se situer entre 1,6-1,7 g de protéine par kg. Un athlète de 80 kg doit ainsi manger de 128 à 136 g de protéines par jour. Cette quantité doit bien sûr être fractionnée en quatre, voire six repas, apportant chacun 25 à 30 g de protides. Ceci dans l'optique d'une meilleure assimilation de ces protéines.

## **Activité physique et niveau d'acides aminés sanguins**

Un effort musculaire se traduit par des variations importantes du niveau d'acides aminés dans le sang. Chaque type d'effort (intense ou prolongé) va affecter différemment les taux d'acides aminés. Ceci explique en partie pourquoi les besoins en protéines ne sont pas les mêmes suivant l'activité pratiquée.

Tout comme les efforts de force, les activités d'endurance sont associées à des diminutions du niveau d'acides aminés. (3.9) On rapporte une baisse de 23 % chez des athlètes entraînés après un effort aérobic continu d'une à deux heures. Cette diminution persiste durant plus de sept heures après la fin de l'effort. Chez des triathlètes, une épreuve d'ultra-marathon s'étalant sur deux jours consécutifs induit une baisse de 15 % du niveau d'acides aminés et de 21 % des BCAA (3.10).

(3.11) Pitkanen a étudié les variations du niveau d'acides aminés plasmatiques chez des sprinters et des sauteurs masculins après plusieurs types d'effort durant deux heures. Tous ces athlètes suivaient un régime alimentaire hyper protéiné avec un apport de 1,26 g de protéines par kg de poids corporel. La répétition de sprints de 60 m entraîne une baisse du niveau des acides aminés essentiels de 8 %, alors que le niveau d'acides aminés non essentiels progresse de 6 %.

Ce sont les séances de musculation qui vont être les plus destructrices d'acides aminés. Après un tel entraînement, le niveau total d'acides aminés diminue de 14 %. Le niveau des acides aminés essentiels se réduit de 20 %. Le taux des acides aminés non essentiels diminue de 12 %.

(3.12) Pitkanen a prolongé son étude sur cinq semaines en analysant les niveaux d'acides aminés chez les mêmes athlètes. Ces derniers combinaient des entraînements d'athlétisme et de musculation. Cette pratique a induit une baisse du niveau d'acides aminés totaux de 19 %. Le taux d'acides aminés essentiels a diminué de 18 %. Le niveau d'acides aminés non essentiels a baissé de 20 %.

Tous ces chiffres illustrent l'accroissement des besoins des sportifs, en protéines, particulièrement chez ceux suivant un programme de musculation.

## **EXISTE-T-IL UN APPORT OPTIMAL DE PROTEINES ?**

Si la pratique régulière d'une activité sportive augmente les besoins en protéines, de plus en plus de recherches suggèrent que passé un certain seuil, un excès de protéines peut retarder la progression du sportif.

Nous pouvons concevoir que les capacités d'anabolisme musculaire soient forcément limitées. Si les protéines les favorisent, un seuil au-delà duquel nos facultés de rétention deviennent inopérantes va finir par apparaître.

Passé 2,4 g de protéines par kg, la réponse anabolique plafonne, alors que la vitesse de dégradation des acides aminés ingérés augmente de manière importante. Ce concept de plafonnement est parfaitement illustré dans l'étude de Gaine (2006)(3.8) qui montre qu'avec une consommation de 0,8 g de protéines par kg, le sportif d'endurance dégrade 14 % de son apport protéique. Avec une consommation de 1,8 g de protéines par kg, 25 % des acides aminés ingérés sont dégradés. Avec un apport de 3,6 g par kg, 54 % des protéines sont dégradées. En effet, les facultés du système digestif à assimiler des quantités croissantes de protéines vont en diminuant. En parallèle, les capacités d'élimination des acides aminés augmentent.

Chez des jeunes hommes pratiquant la musculation, la prise de masse musculaire et de force sur huit semaines est plus importante chez les sujets consommant beaucoup de glucides plutôt que beaucoup de protéines (3.13). Les analyses de (3.14) Sallinen suggèrent que les pratiquants de la musculation pourraient consommer trop de protéines et pas assez de graisses. En effet, plus l'apport en protéines augmente, plus la capacité du corps à produire de la testostérone (une hormone anabolisante) diminue. D'autre part, les recherches animales suggèrent que le niveau de myostatine (une hormone bloquant la croissance musculaire) grimpe avec l'augmentation de l'apport en protéines.

L'aspect quantitatif ne représente qu'une des facettes des protéines. Il est très important de tenir compte des aspects qualitatifs des protéines utilisées ainsi que de leurs heures de prise (timing).

### **Combien de protéines par prise ?**

On parle souvent de 30 g par repas comme étant optimal sans que cela ne soit trop étayé scientifiquement.

Dans l'étude (3.15) Tang montre que la prise de 10 g de whey est 50 % plus anabolique qu'une prise équivalente de sucre après un entraînement de musculation. Il s'agit probablement de la dose minimale efficace.

Selon (3.16), l'apport optimal de whey après un entraînement se situe aux alentours de 20 g. Cependant, cette conclusion est apparue après un entraînement de faible volume comparé à celui de pratiquants de musculation chevronnés.

Chez des personnes âgées sédentaires, l'étude de (3.17) Pennings montre que 35 g de whey sont plus efficaces d'un point de vue anabolique par rapport que 10 ou 20 g. Or, il est peut probable que les capacités d'absorption et d'utilisation des protéines soient meilleures chez les seniors que chez les jeunes sportifs.

En conclusion, un apport de 20 g de protéines semble approprié lors d'un repas. Une consommation supérieure (30-40 g) pourrait être plus adéquate après un effort très intense.

## **LES PROTÉINES ONT-ELLES DES EFFETS NÉFASTES?**

### a) protéine et acidification

Lorsque la consommation de protéines augmente, et si en parallèle l'apport en glucides diminue ou s'établit à un niveau bas, le corps risque de produire des quantités importantes d'acide. Cet excès d'acide modifie l'équilibre acido-basique du sang, ce qui peut conduire à une perte de masse musculaire et osseuse ainsi qu'à une baisse des performances.

### b) Protéine et masse osseuse

Il a longtemps été reproché aux protéines d'accélérer les pertes en calcium sans aucune preuve. Si les protéines semblent accroître les pertes urinaires en calcium, c'est simplement parce qu'elles accroissent aussi l'absorption intestinale de calcium. Au contraire, un apport bas en protéines (moins de 0,8 g par kg) est associé à une mauvaise absorption du calcium (3.18).

Chez les personnes âgées, l'augmentation de l'apport en protéines d'origine animale se traduit par une hausse du niveau de l'IGF-1, hormone favorable au renforcement osseux. Cette augmentation de l'IGF pourrait expliquer l'impact favorable des protéines sur l'os (3.19). Chez des femmes jeunes ayant une consommation de calcium satisfaisante et suivant un programme de musculation, un apport protéique de 2,4 g par kg de poids corporel durant dix jours n'induit aucun effet délétère sur l'intégrité osseuse (3.20).

S'il reste à démontrer qu'un abus de protéines nuit à la santé, la prise de conscience du sportif que sa performance en sera affectée négativement protégera ce dernier de tout excès.

## QU'EST-CE QUE LES PROTÉINES EN POUDRE?

Les protéines en poudre que l'on trouve couramment sont, pour la plupart, du lait en poudre un peu amélioré. Par exemple, à l'état naturel, la whey ne contient que 65 % de protéines. Grâce à un processus d'extraction des glucides et des graisses, la part des protéines va monter à environ 80 % pour les concentrés de whey et jusqu'à 95 % pour les isolats de whey. Un édulcorant est ensuite rajouté afin de fournir un goût agréable au produit. Les protéines en poudre sont prêtes. Il n'y a donc rien de miraculeux ni d'étrange dans tout cela. Une supplémentation protéique ne sera efficace et valable que si elle permet:

- \_d'accroître l'anabolisme au-delà de ce qui est permis par la simple nourriture;
- \_ n'entrave pas l'action anabolique des repas;
- \_s'ajoute réellement à l'alimentation habituelle.

Une supplémentation excessive conduirait à une réduction de l'apport alimentaire. Il s'agirait alors d'une substitution plutôt que d'une complémentation.

## LES DIFFERENTS TYPES DE PROTEINES

### a)La whey protéine

Le lait est composé à 80 % de caséine et à 20 % de lactosérum (whey). Le lactosérum ou petit-lait est ce liquide qui surnage dans les yaourts et est exclue de la fabrication des fromages en raison de sa faible capacité à coaguler. La whey est sans doute la protéine la plus populaire aujourd'hui. En effet, le lactosérum possède la plus haute qualité biologique, c'est-à-dire qu'elle est la protéine dont les acides aminés sont les plus assimilables par l'organisme humain (3.21).

Elle dispose de plusieurs caractéristiques : une haute digestibilité, une teneur élevée en acides aminés branchés (utiles pour les muscles) et une vitesse d'assimilation plus importante que d'autres protéines. Il existe différents types de whey. C'est leur processus de filtration qui va les différencier.



À partir du lait, il existe deux façons d'obtenir de la whey:

\_La whey fromagère : il s'agit de la plus couramment utilisée. Si l'origine de la whey n'est pas spécifiée sur l'étiquette, c'est que vous avez à faire à une whey fromagère. Cette dernière est un dérivé de déchets issus de la production de fromage. Son avantage, en tant que déchet, est d'être peu chère. Malheureusement, lors de la confection du fromage, les acides aminés ont subi une double dégradation lorsque des bactéries et de la présure de caillotte de veau ont été ajoutées au lait pour respectivement le fermenter, puis le faire cailler.

On mesure le niveau de dénaturation des acides aminés d'une whey en regardant sa concentration en glycomacro-peptides (GMP). Ce taux varie en général de 15 à 35 %. Si les GMP sont riches en BCAA, ils sont cependant pauvres en leucine, ce qui est un inconvénient majeur.

\_La whey laitière : elle est directement issue du lait sans passer par les étapes de confection du fromage. Le niveau de dégradation des acides aminés lors du processus d'extraction est donc moindre. Ces whey ne contiennent pas de GMP. Elles sont mentionnées sur les étiquettes comme étant des whey bioactives ou natives. Leur point faible est qu'elles sont plus coûteuses que les whey fromagères.

Quelles soient laitières ou fromagères, il existe trois processus de filtration de la whey qui peuvent être utilisés pour extraire les protéines du petit-lait:

\_Le concentré de whey, qui est la forme la plus simple, et donc la moins coûteuse. Ses faiblesses résident dans sa forte concentration en lactose qui risque d'induire des problèmes digestifs (ballonnements, maux d'estomac, diarrhées, flatulences, etc.). Lorsqu'un supplément est riche en concentré de whey, c'est signe que l'on a à faire à du bas de gamme.

\_L'isolat de whey est une forme plus filtrée que le concentré. L'isolat est plus riche en protéines et mieux délactosé. Par contre, il est plus coûteux, mais il caractérise un supplément de plus haut de gamme.

\_Les hydrolysats de whey sont les plus onéreux. Il s'agit en fait de whey que l'on a prédigérée grâce à des enzymes. Les hydrolysats ont souvent assez mauvais goût, rappelant une odeur de vomi que les fabricants tentent de masquer grâce à des arômes artificiels. Ils sont susceptibles de donner des diarrhées.

Si en théorie, la whey laitière est supérieure à la whey fromagère et que l'isolat est meilleur que le concentré, les différences importantes de prix ne se traduisent pas toujours par une amélioration des performances chez le sportif sain (3.22).

De toutes les protéines couramment utilisées chez les sportifs, la whey est la plus riche en cystéine (2,45 g par 100 g de protéines) qui est l'un des précurseurs du glutathion. Cette teneur en cystéine explique pourquoi la whey possède des capacités antioxydantes. Le lactosérum est aussi très riche en BCAA, particulièrement en leucine avec en moyenne près de 12 g pour 100 g de protéines.

Près de 25 % des protéines de la whey sont des BCAA. Par contre, la whey est relativement pauvre en arginine et en glutamine.

### **Les effets de la whey**

La whey pourrait permettre d'accroître l'activation de cellules souches musculaires, cellules qui, à terme, sont indispensables à l'hypertrophie et à «l'hyperplasie» (gain de cellules musculaires nouvelles). Chez des hommes jeunes suivant un programme de musculation de 12 semaines, la prise quotidienne de 25 g de whey immédiatement après l'effort permet d'obtenir une activation des cellules souches de 35 % supérieure à un placebo (3.23). Chez des hommes plus âgés, l'activation est 160% supérieure au placebo.

Chez des hommes pratiquant la musculation, une supplémentation de whey (1,2 g par kg de poids corporel) ou de glucides (maltodextrine: 1,2 g par kg de poids corporel comme placebo) a été apportée pendant un programme: d'entraînement de six semaines (3.24). Le groupe sous placebo a gagné 900 g de muscle, contre 2,3 kg avec la whey. La masse grasseuse reste stable dans les 2 groupes. En ce qui concerne la prise de force, la whey affiche un léger avantage, mais celui-ci n'est pas aussi grand que le gain de muscle.

Durant trois mois, des hommes et des femmes sédentaires ont reçu soit 20 g d'une whey très riche en cystéine soit de la caséine. Des tests physiques ont été réalisés avant et après la supplémentation, mais aucun entraînement physique n'a été demandé durant les trois mois (3.25). Le groupe whey a amélioré ses performances cardiovasculaires et de force, alors que le groupe caséine n'a pas évolué. Le pourcentage de graisse du groupe whey diminue, alors que son poids est stable, ce qui suggère une augmentation de la masse sèche. Au contraire, le groupe caséine tend à accumuler de la masse grasseuse.

(3.26) Cribb montre une supériorité de la whey sur la caséine. Durant dix semaines, des hommes pratiquant la musculation ont reçu, en plus de leur alimentation, une supplémentation en whey ou en caséine à hauteur de 1,5 g par kg de poids corporel. La whey présente des supériorités sur la caséine en termes de gain de muscle et de force ainsi que de fonte graisseuse.

Pour Demling (3.27), la caséine est préférable à la whey en période de régime. Durant douze semaines, des hommes en surpoids ont suivi un régime hypocalorique couplé avec un programme de musculation+ cardio. Ils ont aussi reçu une supplémentation en protéines (1,5 g par kg de poids corporel). Dans un cas, il s'agissait de caséine, dans l'autre de whey. La perte de graisse atteint 7 kg avec la caséine, et seulement 4 kg avec la whey. Le gain de muscle est de 4 kg sous caséine contre 2 kg sous whey. Les gains de force aussi sont supérieurs sous caséine.

#### b) la caséine

Il s'agit de la principale protéine issue du lait. La caséine est très riche en acide glutamique et en tyrosine, mais elle est peu riche en arginine et en cystéine. Elle est, en général, moins onéreuse que la whey. Tout comme pour cette dernière, il existe trois grandes catégories de caséine:

\_ Le caséinate de sodium, qui est la forme la plus ancienne et la moins coûteuse. Par contre, du fait de son processus d'extraction, les acides aminés qu'elle renferme sont moins bien assimilés qu'avec les autres formes de caséine.(bas de gamme)

\_La caséine micellaire ou protéine totale de lait: c'est la forme qui a remplacé le caséinate de sodium. Ses acides aminés sont beaucoup plus faciles à assimiler que ceux de l'ancienne forme de caséine. La durée d'action de la caséine micellaire est plus prolongée que celle exercée par le caséinate de sodium, ce qui est préférable, par exemple, afin de protéger les muscles du catabolisme nocturne.

Souvent, la caséine micellaire contient un peu de whey (de 10 à 20 %), ce qui reflète la composition du lait duquel elle a été extraite.

\_Les hydrolysats de caséine sont la forme de caséine qui est de très loin la plus onéreuse. Il s'agit de caséine que l'on a prédigéré grâce à des enzymes. Les hydrolysats ont souvent assez mauvais goût, bien que les processus de prédigestion aient bien évolué afin de réduire cet obstacle à l'utilisation.

Paradoxalement, il est plus facile de se procurer des hydrolysats de caséine que des hydrolysats de whey. Mais, tout comme pour ces derniers, un usage massif peut induire une diarrhée quasi immédiate, ce qui dénote la rapidité de leur absorption.

Il faut garder à l'esprit que les protéines trouvées sous forme de poudre ne sont pas seules à pouvoir accentuer l'action anabolique de l'entraînement musculaire. Par exemple, chez des hommes et des femmes, le fait de boire du lait dans l'heure qui suit une séance de musculation produit une action favorable sur la synthèse des protéines musculaires (3.28). L'originalité de cette étude est de montrer que le lait entier s'avère au moins deux fois plus efficace du point de vue anabolique que le lait écrémé. Lorsqu'on ajoute des calories sous forme de glucides au lait écrémé afin qu'il soit aussi énergétique que le lait entier, ce dernier garde toujours l'avantage sur le plan anabolique. La compréhension du mécanisme d'action qui donne l'avantage au lait entier constitue une piste nouvelle de recherches dans l'optimisation de la riposte anabolique post-effort.

L'élimination des graisses est un reproche que l'on fait de plus en plus aux protéines de lait en poudre. En éliminant au maximum les graisses du lait, une partie des facteurs de croissance anabolisants concentrés dans les lipides laitiers se trouve rejetée.

## PROTÉINES ANABOLISANTES OU ANTI-CATABOLISANTES?

Les protéines anabolisantes, dites à action rapide, regroupent les wheys et les acides aminés. Les protéines anti-catabolisantes ou à digestion lente font référence en particulier à la caséine. (3.29). L'hypothèse de base de cette étude est que, comme les glucides, les divers types de protéines ne possèdent pas toutes les mêmes vitesses de digestion. Du fait de ces différences au niveau de la vitesse d'entrée des acides aminés dans le sang, leur impact physiologique en serait modulé.

Cent minutes après la prise d'une quantité à peu près équivalente de protéines, le niveau plasmatique en acides aminés est beaucoup plus élevé chez les utilisateurs de whey que chez ceux ayant pris de la caséine. Trois cents minutes après la prise, le niveau d'acides aminés du groupe whey est retombé au niveau d'avant utilisation. Par contre, il reste élevé dans le groupe caséine. La whey est donc qualifiée de protéine rapide, alors que la caséine est qualifiée de lente.

Du fait de cette différence de vitesse d'assimilation, la whey augmente la vitesse de synthèse des protéines de 68 %. Attention, ceci ne veut pas dire que l'anabolisme dans les muscles s'est élevé de 68 %. Il s'agit de l'anabolisme général, les muscles n'en représentant qu'une fraction. Du fait de sa digestion plus lente, la caséine ne produit qu'un effet modeste sur l'anabolisme(+ 31 %). Par contre, la caséine inhibe la dégradation des protéines de 34 %, alors que, sur ce paramètre, l'action de la whey est négligeable. Résultat, la whey est présentée comme une protéine« anabolisante» alors que la caséine est qualifiée« d'anti-catabolisante ».

La lenteur de l'assimilation de la caséine est expliquée en grande partie par une précipitation qui se forme dans l'estomac au contact du milieu acide ambiant. L'avantage de cette précipitation est que l'utilisateur n'a pas besoin d'enchaîner les prises de protéines de manière fréquente comme il doit le faire avec la whey s'il désire maintenir un niveau élevé d'acides aminés dans le sang. C'est pour cette raison que la caséine est conseillée le soir juste avant le coucher ou la nuit. Ainsi, (3.30) Res montre que, chez des bodybuilders, il est préférable de prendre de la caséine avant d'aller se coucher plutôt que d'aller dormir le ventre vide. La prise de 40 g de caséine, 30 minutes avant d'aller au lit, augmente le niveau d'anabolisme musculaire nocturne de 22 % par rapport à un placebo ce qui va favoriser la récupération. De même la caséine est plus efficace comme jonction « protéique» lorsque les repas sont un peu trop espacés. Par contre, la whey, du fait de son action rapide (mais malheureusement brève), est conseillée le matin au réveil ou juste après l'entraînement.

(3.31) Tipton ne semble pas confirmer cette supériorité de la whey sur la caséine en ce qui concerne la prise qui s'effectue immédiatement après un effort. Des hommes et des femmes sédentaires ont reçu soit un placebo, soit 20 g de whey ou 20 g de caséine après un entraînement du quadriceps. La réponse anabolique post-entraînement a été supérieure avec les protéines par rapport au placebo. Avec ce dernier, la dégradation musculaire qui survient durant l'effort se prolonge après celui-ci. Au contraire, l'anabolisme reprend le dessus grâce aux protéines. Cependant, les auteurs ne détectent aucune différence entre la réponse anabolique induite par la caséine et celle provoquée par la whey. En théorie, cette dernière aurait dû exercer une action anabolique plus puissante que la caséine, mais cette étude présente une double limite. Tout d'abord, elle concerne des personnes non entraînées chez qui le déclenchement de l'anabolisme musculaire est facilité par rapport à celui des sportifs entraînés, plus réfractaires à l'anabolisme. Ensuite, la séance de musculation est de relativement faible volume. Elle ne correspond pas à celles que les sportifs pratiquent. Ces deux paramètres peuvent atténuer la supériorité d'une protéine par rapport à l'autre. La whey

semble, pourtant, placer le sportif dans un environnement anabolique plus propice avec une élévation du niveau de leucine plus important et plus précoce qu'avec la caséine. Ensuite l'élévation du niveau d'insuline est plus importante avec la whey qu'avec la caséine. Ces deux particularités pourraient faire la différence chez des sportifs plus entraînés, chez qui la progression est plus laborieuse que chez des sédentaires.

Si elles sont caractérisées comme anti-cataboliques, les protéines de caséine n'en conservent pas moins une véritable action de fond, comme le démontre leur impact sur les cellules musculaires souches. Chez des hommes non entraînés, la prise de protéines de lait (10 g avant, puis 10 g juste après l'effort) en plus d'un programme de musculation, permet d'accroître le nombre des cellules satellites de 63 % en seize semaines (3.32). Le même programme sous placebo ne produit aucune action stimulante sur ces cellules souches. Cette propriété va permettre aux utilisateurs de soutenir une progression plus durable .

Contrairement aux protéines alimentaires classiques que l'on trouve dans la nourriture, la whey ou les acides aminés présentent l'avantage d'être assimilés très rapidement, un avantage que l'on ne retrouvera pas forcément avec les protéines classiques.

#### c) les mélanges whey/caséine

Ils ont pour objectif de copier la composition du lait maternel humain qui combine effectivement environ 50 % de lactosérum et 50 % de caséine. Ce lait est riche en acides aminés essentiels (40 % des acides aminés totaux) et en BCAA (20 %). Le lait fourni aux enfants dont les mères n'allaitent pas, tente également de reproduire cette combinaison. Classiquement, il se compose de 40 % de whey, de 45 % de caséine et de 15 % d'acides aminés. Il ne s'agit pourtant que de mauvaises copies, car le lait humain est assez différent du lait de vache.

L'idée est que si ce mélange stimule la croissance des nouveau-nés, il en fera de même pour les muscles. Un autre argument est que l'anabolisme produit par les protéines rapides se combine favorablement avec l'action anti-catabolisante et de longue durée de la caséine (3.33).

L'étude (3.34) fournit des arguments en faveur de la combinaison. Des hommes pratiquant déjà la musculation ont suivi un programme d'entraînement de dix semaines. Certains ont reçu quotidiennement soit un mélange de 40 g de whey renforcé par 8 g de caséine ou 40 g de whey renforcé par 3 g de BCAA et 5 g de glutamine. Un troisième groupe recevait un placebo

(48 g de glucides). Des trois groupes, seuls les utilisateurs de la whey + caséine ont connu des progrès musculaires significatifs avec un gain de masse sèche de 1,8kg et des gains de force bien supérieur.

#### d)le colostrum

Le colostrum est le lait produit peu avant et juste après l'accouchement. Bien évidemment, le colostrum disponible en supplément est celui des vaches, et non de la femme. Nous comprenons tout de suite que du fait de cette très courte période de production, le prix du colostrum sera bien plus élevé que celui du lait classique. Contrairement à ce dernier, le colostrum est beaucoup plus riche en facteurs de croissance comme l'IGF, et en stimulants du système immunitaire. (3.35). Il a fait boire pendant huit jours soit du colostrum, soit de la whey, à des sportifs masculins. Plus l'apport en colostrum a été important, plus l'élévation plasmatique d'IGF-1 a été conséquente. Aucun changement notable n'est apparu avec la whey.

L'étude (3.36) montre une augmentation de la force et de la capacité de travail chez des sportifs pratiquant la musculation durant huit semaines. Mais du fait de son coût, la prise de 60 g de colostrum par jour rend ces résultats complètement inapplicables pour le sportif amateur. Le tout pour obtenir des résultats discutables.

En ce qui concerne la prise de masse musculaire, les résultats semblent assez négatifs.

(3.37) Brinkworth ne montre aucune augmentation de la taille des muscles ni de la force, malgré un apport quotidien de 60 g de colostrum durant huit semaines en plus d'un entraînement de musculation. De même, (3.38) Antonio ne trouve pas de différence réelle entre la prise de 20 g de colostrum et 20g de whey chez des personnes suivant un programme de musculation de huit semaines. Les gains de force ne sont pas différents, et si la prise de muscle semble supérieure avec le colostrum, l'analyse statistique n'est pas concluante.

#### e)les protéines d'oeufs

Elles sont riches en acides aminés soufrés et en phénylalanine, mais leur coût est élevé. Elles ne sont plus guère utilisées seules aujourd'hui, car leur goût, salé, ne rend pas leur usage des plus agréables.

Le blanc d'œuf liquide conserve, cependant, une certaine notoriété. Ce sont en général les sportifs dont le système digestif ne tolère pas les protéines de lait qui ne jure que par le blanc d'œuf.

#### f) les protéines de soja

Le principal avantage des protéines de soja est de ne pas avoir une origine animale comme toutes les protéines que nous avons mentionnées plus haut. Elles conviendront parfaitement aux végétariens. Les protéines de soja sont très riches en arginine (8 g par 100 g de protéines), mais leur potentiel anabolique est inférieur à celui des protéines animales.

#### Lait ou soja?

Par rapport à la caséine, les acides aminés du soja sont assimilés plus rapidement. La hausse maximale d'acides aminés suite à la prise de soja survient en deux heures trente. Celle induite par la prise de protéines de lait se produit en quatre heures, mais cette digestion plus rapide se fait au détriment d'une bonne assimilation. Par rapport aux protéines de lait, 20 % de plus des protéines de soja sont détruites lors du passage digestif (3.39). Dans les faits, 92 % de l'apport protéique du lait pourra effectivement être utilisé par le corps pour, entre autres, stimuler l'anabolisme. Avec les protéines de soja, cette valeur tombe à seulement 78 %. Cette différence de potentiel anabolique entre le lait et le soja s'accroît avec l'augmentation de l'apport en protéines. Ces deux paramètres ne rendent pas idéale la supplémentation protéique par du soja. Il n'en reste pas moins que ce dernier peut tout de même aider le sportif à prendre de la masse musculaire. Cependant, la prise de muscle et de force est moindre après douze semaines de supplémentation en protéines de soja qu'en protéines de lait chez des hommes jeunes suivant un programme de musculation (3.40).

Ces résultats confirment ceux de (3.41) (Brown qui compare l'effet de la prise de whey ou de soja sous forme de barres nutritionnelles. Chaque barre contenait 11 g de protéines, 26 g de glucides et 4 g de graisses. Elles ont été utilisées trois fois par jour, fournissant une supplémentation totale de 33 g de protéines. Pendant neuf semaines, des hommes pratiquant la musculation ont reçu l'un de ces deux suppléments. Un troisième groupe a suivi le programme de musculation, mais sans recevoir ces barres. Ce dernier enregistre une progression de sa masse musculaire d'environ 700 g. Le groupe soja gagne 1,3 kg de muscle et le groupe whey 2,1 kg.

#### Les particularités du soja :

Du fait de leur contenu en isoflavones possédant des effets œstrogéniques, les hommes doivent faire preuve de prudence face à une utilisation importante et régulière de protéines de soja. Une supplémentation quotidienne de 32 g de protéines de soja chez des hommes tend à



diminuer leur niveau de testostérone de près de 10 % après 29 jours (3.42). Même si cette baisse n'est que transitoire, les niveaux d'hormones femelles tendent à s'élever de manière durable durant la période de 57 jours de supplémentation. L'étude (3.43) note un niveau d'hormones femelles tendant à être élevé chez les sportifs ayant un apport quotidien de 2 g de protéines de soja par kilo de poids corporel. Le ratio testostérone/hormones femelles se retrouve affecté négativement, alors que les sportifs ont, au contraire, tout intérêt à l'accroître.

Ces mêmes isoflavones expliquent probablement la capacité de ces protéines à lutter contre les radicaux libres. Ainsi, des hommes ont-ils reçu un supplément quotidien de protéines de soja riches en isoflavones, de la whey ou un placebo à raison de 0,6 g par kg de poids corporel durant un mois. Aucune baisse du niveau de testostérone n'a été notée avec le soja par rapport à la whey, mais par contre, une élévation des défenses antioxydantes est notée grâce au soja mais pas avec la whey.

Cette protection contribue certainement à l'atténuation du catabolisme musculaire détectée suite à la prise de protéines de soja riche en isoflavones (3.44). Ce dernier a fait prendre quotidiennement soit 40 g de protéines de soja, soit 40g de whey à des hommes jeunes actifs durant trois semaines. Le soja tend à améliorer le statut en antioxydants des sujets alors que la whey le détériore. Le soja atténue de 42 % l'élévation des marqueurs du catabolisme musculaire qui suit un effort aérobic d'intensité graduelle de deux heures. La whey accroît ce catabolisme de 38 %.

L'atténuation de la dégradation musculaire suite à un entraînement permet de s'entraîner plus et plus souvent tout en facilitant la récupération; c'est une bonne chose pour tous les sportifs, sauf ceux qui ont pour objectif d'accumuler le plus de masse musculaire possible. Cette action anti-catabolisante du soja explique en partie pourquoi il ne procure par autant d'hypertrophie que la whey. En effet, plus le muscle va être protégé directement du catabolisme, moins il va avoir à se renforcer en augmentant la circonférence des fibres qui le composent. Par contre, chez la femme, le soja ne manque pas d'intérêt. Une étude réalisée chez de jeunes gymnastes féminins de niveau olympique montre une action positive du soja (3.45). Une supplémentation quotidienne de 1g par kg de poids corporel durant quatre mois protège leur masse maigre. Masse maigre qui tend à diminuer sous placebo du fait des quatre à six heures d'entraînement quotidien.

## PROTÉINES ET TESTOSTÉRONE FONT-ELLES BON MÉNAGE?

L'étude (3.46) a analysé l'impact hormonal d'une prise de 25 g de protéines combinant whey et caséine trente minutes avant une séance de musculation chez des sujets masculins entraînés. Les protéines atténuent fortement les élévations conjointes de testostérone et d'hormone de croissance qui se produisent normalement durant l'entraînement. Ce phénomène s'explique en grande partie du fait de l'élévation de la sécrétion d'insuline causée par l'ingestion des protéines.

De même, (3.47) Chandler a étudié l'impact de la prise d'un mélange protéines/glucides juste après une séance de musculation. La prise du supplément après l'effort accélère la baisse du niveau de testostérone que l'on note avec le placebo. Il faut attendre plus de six heures pour que les taux de testostérone sous suppléments se rapprochent de ceux notés sous placebo. Là encore la forte augmentation du niveau d'insuline semble être la cause majeure de ce déclin de la testostérone.

Très récemment, (3.48) Kraemer montre que la prise de protéines (0,3 g par kg de poids corporel) et de glucides (1,1 g par kg) et de graisses (0,25 g par kg) après une séance de musculation est bien associée à une baisse du niveau de testostérone. Mais celle-ci s'explique en partie par l'augmentation du nombre des récepteurs à cette hormone sur les muscles qui viennent d'être entraînés. En effet, afin d'occuper plus de récepteurs, le prélèvement de molécules de testostérone circulante est forcément plus conséquent. Il va en résulter une baisse au niveau plasmatique. Cependant, cette occupation des récepteurs n'explique certainement pas toute la baisse du niveau d'androgènes.

L'élévation de la densité des récepteurs à la testostérone sur les muscles (donc la sensibilité de ces derniers à notre testostérone) s'élève d'autant plus que la séance de musculation a été précédée par la prise de 2 g de L-carnitine L-tartrate durant 21 jours. La baisse du niveau de testostérone est, elle aussi, plus conséquente suite à la prise de carnitine.

Sallinen (3.49) suggère que l'excès de protéines qui se fait au détriment de l'apport en graisses semble avoir un impact négatif sur la sécrétion de la testostérone chez les athlètes de force. Plus ces derniers consomment de protéines, plus leur niveau de testostérone au repos a de chances d'être bas. Au contraire, un apport en graisse élevé est associé avec une sécrétion importante de testostérone au repos. De telles relations sont aussi notées vis-à-vis de la réponse de la testostérone à l'entraînement. Cette réponse est d'autant plus prononcée que

l'apport en graisse est haut. La réponse est d'autant plus modéré que l'apport en protéines est élevé.

## LES ACIDES AMINES ET L'ANABOLISME

La régulation nutritionnelle de l'anabolisme repose en grande partie sur les acides aminés. Chez des sédentaires à jeun, hommes ou femmes, jeunes ou seniors, la prise orale de 15 g d'acides aminés essentiels accroît la vitesse de synthèse des protéines musculaires de 60 % (3.50). Au contraire, une raréfaction du niveau d'acides aminés dans le sang provoque une inhibition rapide de l'anabolisme musculaire. Plus que le niveau d'acides aminés dans le muscle, c'est la concentration d'acides aminés plasmatiques qui est le principal régulateur du rythme de l'anabolisme musculaire. Lorsque cette concentration augmente brutalement, on parle d'hyper-amino-acidémie. Cette hyper-amino-acidémie induit immédiatement une accélération de l'anabolisme dans les muscles. C'est l'une des stratégies que le corps a trouvées pour diminuer rapidement le niveau d'acides aminés sanguins. L'autre stratégie est d'accélérer le catabolisme de ces acides aminés au niveau du foie par exemple. Une hyper-amino-acidémie ne peut être que de très courte durée.

Comment renforcer l'action anabolique des acides aminés?

Il se crée une interaction entre une activité physique régulière et la prise d'acides aminés. Une infusion d'acides aminés de trois heures augmente la vitesse de synthèse des protéines musculaires de 141 % chez des hommes au repos (3.51). Chez les mêmes sujets, une infusion similaire, administrée juste après une séance de musculation, augmente l'anabolisme de 291 %. De tels phénomènes sont aussi constatés suite à une administration orale d'acides aminés. (3.52) Tipton a comparé l'impact anabolique d'une boisson contenant 30 g d'acides aminés essentiels chez des hommes et des femmes sédentaires ou chez des personnes venant de faire de la musculation. La boisson a été prise avant, puis après la musculation. Le groupe inactif a pris les acides aminés aux mêmes heures que l'autre groupe. Grâce à la musculation, l'impact anabolique des acides aminés sur 24 heures a été augmenté de 41 % par rapport à celui noté chez les personnes inactives.

Au contraire, la puissance anabolique des acides aminés est réduite de 20 % chez des sujets ayant été contraints à rester au lit durant quatorze jours (3.53). Il existe donc une synergie

entre l'activité physique et la réponse anabolique à une solution d'acides aminés. La pratique sportive sensibilise le muscle à l'action anabolisante des acides aminés, alors que l'inactivité produit l'effet inverse.

## MANGER JUSTE APRES L'EFFORT

La toute première conclusion que le sportif doit en tirer est qu'il est primordial de manger le plus rapidement possible après un effort. Ce n'est pourtant pas le réflexe qu'ont les sportifs. Il faut certes attendre un peu si vous sentez que votre système digestif ne va pas tolérer immédiatement des aliments, mais l'idéal est d'agir au plus tard dans l'heure qui suit l'effort.

Après un entraînement d'intensité modérée, des hommes et des femmes ont reçu un supplément de 10 g de protéines, 8 g de glucides et 3 g de graisses (3.54): dans un cas, les sujets ont pris ce supplément immédiatement après l'effort, et dans l'autre cas, ils ont dû attendre trois heures pour l'utiliser. Deux des principaux paramètres de la récupération: l'anabolisme et l'absorption de glucose musculaire ont été mesurés sur une période de six heures suivant l'effort. Grâce à la prise précoce du supplément, l'absorption musculaire de glucose a été 3,5 fois plus importante qu'avec la prise tardive. L'anabolisme musculaire est, quant à lui, trois fois plus important sur les six heures lorsque les protéines sont ingérées immédiatement après l'effort.

Si votre entraînement est de courte durée (moins de 45 minutes), vous avez tout intérêt à prendre les protéines avant l'effort. À la fin de celui-ci, elles seront déjà dans le sang pour vous garantir une stimulation anabolique immédiate. Les recherches ont montré que, dans ce cas de figure, l'efficacité anabolique est de 80 % supérieure lorsque la prise de protéines s'effectue avant et non après la séance de musculation (3.55). Cette étude montre aussi qu'il est très important d'agir le plus rapidement possible sur le plan nutritionnel. Pendant quelques dizaines de minutes après l'effort, le flux sanguin dans les muscles entraînés reste très important, ce qui contribue à améliorer le transport des nutriments. Cette congestion musculaire post-effort va rapidement se dissiper, diminuant d'autant cette facilitation anabolique. Au contraire, si votre entraînement est long (plus de deux heures), dans la mesure du possible, prenez les protéines dix à quinze minutes avant la fin de la séance. Cette stratégie présente un double avantage:

\_ l'absorption de protéines semble produire un effet immédiat contre la fatigue cérébrale, ce qui permet de vous relancer dans la dernière ligne droite;

\_les acides aminés commenceront à arriver dans les muscles dès la fin de la séance pour une action anabolique rapide.

Faut-il prendre des glucides ou des protéines après un effort intense ?

Les athlètes tendent à privilégier les glucides lors de ce premier repas post-effort. C'est une réaction qui vient des milieux de l'endurance. Après une séance de musculation, le fait de boire une solution énergétique apportant 1,5 g de glucides par kg de poids corporel multiplie par dix la vitesse de synthèse du glycogène musculaire par rapport à la simple prise d'eau. Cependant, les besoins des sportifs de force ne sont pas les mêmes que ceux des sportifs d'endurance. Si ces derniers doivent privilégier l'énergie, les premiers doivent par contre mettre l'accent sur les protéines. Ce besoin est bien illustré par l'étude (3.56) . Durant quatorze semaines, des hommes sédentaires ont reçu soit 25 g de protéines (mélange de whey, de caséine, de blanc d'œuf et de glutamine), soit 25 g de glucides, immédiatement avant, et encore juste après, leur séance de musculation. Aucune progression significative de la masse musculaire n'est notée chez les sujets ayant reçu les glucides. Par contre, chez les utilisateurs de protéines, le diamètre des fibres de type I augmente de 18% et celui des fibres de type II de 26 %.

L'impact anabolique des glucides existe, certes, mais il est beaucoup moins puissant que celui des protéines. Dans l'heure qui suit une séance de musculation des cuisses, des hommes, et des femmes ont reçu une boisson glucidique apportant 35 g d'hydrates de carbone ou 6 g d'acides aminés (3.57). La réponse anabolique a été de 34 % supérieure avec les acides aminés. Par contre, la prise glucides et acide aminés produit une réponse anabolique de 115 % supérieure à celles des glucides seuls. Il existe ainsi une synergie puissante entre les protéines et les hydrates de carbone en ce qui concerne la récupération musculaire.

Il est aussi intéressant de noter que, dans cette étude le renouvellement de la prise des suppléments une heure plus tard, va à nouveau relever la puissance de l'anabolisme musculaire durant deux heures. Mais plus que la densité calorique, les recherches ont montré que le facteur numéro un pour la riposte anabolique post-effort était avant tout, l'apport en protéines, et non la densité calorique (3.58).

## PEUT ON MELANGER LES PROTEINES AVEC LES GLUCIDES ?

Vu précédemment, on peut conclure qu'il est bon de mélanger ses protéines avec des glucides. Pourtant, il est fréquent d'entendre dire que la prise conjointe de protéines et de glucides risque de causer une action délétère sur la capacité du système digestif à assimiler les protéines, la bonne digestion des acides aminés réclamant un milieu acide dans l'estomac, alors que les hydrates de carbone ont besoin d'un milieu basique.

Des études menées sur la dynamique hormonale de l'organisme indiquent un effet ergogénique potentiel de suppléments en glucides ou en protéines après des séances d'exercice en résistance. Neuf haltérophiles ne prenant aucun traitement et s'entraînant depuis au moins deux ans en résistance ont consommé des suppléments glucidiques et protéiques juste après avoir effectué une séance d'entraînement en résistance classique. Le traitement consistait à prendre juste après la séance d'entraînement puis 2 h plus tard soit un placebo représenté par de l'eau, soit un supplément de glucides (1,5 g par kg de poids), soit un supplément de protéines (1,38 g par kg de poids), soit une combinaison glucides-protéines (1,06g de glucides et 0,41 g de protéines par kg de poids). Si on les compare aux conditions placebo, chaque supplément nutritionnel a généré pendant la récupération un environnement hormonal (concentrations plasmatiques élevées en insuline et en hormone de croissance) favorable à la synthèse des protéines et à la croissance de tissu musculaire. De tels résultats prouvent indirectement que l'entraînement peut être amélioré par la consommation en quantités plus importantes de protéines et de glucides après une séance d'entraînement en résistance. Augmentation de la balance protéique.

Des recherches récentes menées sur la consommation de glucose après l'exercice confortent les résultats des études décrites précédemment au sujet de la supplémentation en glucides-protéines après une séance d'entraînement en résistance, Huit hommes en bonne santé s'entraînant habituellement en résistance ont réalisé un exercice sollicitant l'extenseur du genou d'un seul côté. Cet exercice comprenait 8 séries de 10 répétitions à 85% de la force maximale (1-RM) dans une expérience réalisée en double-aveugle avec placebo. Juste après la séance d'exercice puis une heure plus tard, les sujets ont reçu soit un supplément en glucides (1,0 g par kg de poids corporel), soit un placebo. Les mesures réalisées étaient les suivantes: l'excrétion urinaire de 3-méthylhistidine (3-MH), marqueur de la dégradation des protéines musculaires, le taux d'incorporation de la leucine (L-[1-13C]) dans le muscle vaste externe pour connaître le niveau de synthèse protéique et l'excrétion urinaire d'azote qui indique le

niveau de dégradation protéique. la supplémentation en glucose réduit l'excrétion de la 3-MH et de l'urée urinaire traduisant une réduction significative de la dégradation des myofibrilles protéiques. Bien qu'elle ne soit pas significative, on observe à la suite de la supplémentation en glucose une légère augmentation de l'incorporation de leucine dans le muscle vaste latéral au cours des 10 heures qui suivent l'exercice. Toutes ces modifications ont montré un effet très positif de la supplémentation sur la balance protéique après l'exercice. Les chercheurs ont suggéré que l'effet bénéfique de la supplémentation en glucose faisant suite à une séance d'exercice en résistance était dû à la plus forte sécrétion d'insuline. Ces plus fortes concentrations plasmatiques en insuline pourraient améliorer la balance protéique musculaire durant la récupération.

Les recherches médicales récentes montrent que la rétention d'azote est meilleure lorsque les protéines sont utilisées conjointement avec des glucides. Par exemple, chez des hommes sédentaires, suite à une prise de 30 g de caséine, la rétention d'azote est de 80 % (3.59). Lorsque 100 g de sucre sont ajoutés à ces protéines, la rétention monte à près de 85 %. Il y a donc un gain, pas une perte! En effet, les glucides protègent les acides aminés de la dégradation au cours de leur passage dans le système digestif. Cette protection s'explique par:

\_la hausse importante de la sécrétion d'insuline qui résulte de la combinaison des deux nutriments;

\_le fait que les hydrates de carbone ralentissent la digestion des protéines.

Les « gainers » sont un exemple typique d'un mélange protéines/glucides.

#### a) les gainers

Les gainers (ou donneurs de masse) se composent de glucides pour la majorité des calories, et de 20 à 30 % de protéines. Afin de réduire le coût de ces gainers et attirer le plus grand nombre, ni la qualité des protéines ni celle des glucides ne sont extraordinaires. L'usage des gainers repose sur une hypothèse simple, mais pourtant assez peu convaincante: si beaucoup de sportifs stagnent, c'est à cause d'une sous-alimentation. Si l'on ne prend pas assez de muscle ou de poids grâce à la musculation, c'est que l'on ne mange pas assez. Chez certaines personnes extrêmement maigres et ayant du mal à manger, ce genre de suppléments pourrait s'avérer utile, mais les autres seraient bien avisés de faire preuve de prudence face à ces gros pots qui promettent beaucoup.

Lorsqu'on débute un programme de musculation, il faut tenir compte des dépenses caloriques nouvelles qui vont être engendrées, et les compenser d'une manière ou d'une autre. Dans ce cas, le gainer va apporter de façon très simple un surplus de carburant et de protéines, mais cette compensation aurait aussi bien pu se faire avec des aliments classiques.

L'inadéquation entre les apports énergétiques et les dépenses ainsi que leurs conséquences sont bien illustrées dans l'étude de (3.60). Des hommes ont débuté un programme de musculation de huit semaines. L'apport calorique de base des sujets avant l'étude était d'environ 2 500 calories par jour. Dans deux groupes, cet apport a été augmenté de 70 % ; dans un cas, avec un supplément de protéines (106 g) + glucides (356 g), et dans l'autre, des glucides seuls (462 g) ont fourni le surplus d'énergie. Dans un troisième groupe « contrôle », aucune supplémentation ni hausse calorique n'ont été fournies.

La perte de masse grasse constatée à la fin du programme dans le groupe contrôle reflète bien le déficit énergétique qui s'est créé, déficit se traduisant aussi par une moindre progression au niveau de la masse maigre: +1,4 kg, contre plus du double dans les deux groupes sous supplémentation énergétique. Là où le rajout de protéines tend à faire la différence sur les glucides seuls, c'est au niveau des gains de force musculaire.

Outre l'apport énergétique, les gainers produisent des effets particuliers, surtout lorsqu'ils sont utilisés avant et juste après l'entraînement. Avant l'effort, ils procurent de l'énergie et contribuent à lutter contre la fatigue. Après l'effort, ils favorisent la riposte anabolique et aident à refaire les stocks en glycogène. Sur le plan hormonal, les recherches ont montré qu'ils favorisent grandement la sécrétion d'insuline, et, dans une moindre mesure, celle d'IGF-1 (3.61). Par contre, ils produisent un effet négatif sur le niveau de testostérone totale, diminution qui s'explique sans doute par la hausse de 500 % du niveau d'insuline. En effet, une forte hausse de la sécrétion d'insuline provoque souvent une baisse temporaire de testostérone. Par exemple, L'étude (3.62) montre que chez des personnes sédentaires, la prise de 75 g de glucose induit une baisse de 25 % du niveau de testostérone dans le sang pendant plus de 2 heures.

Le bilan d'une cure de « gainer » n'est pas toujours glorieux. Des hommes jeunes pratiquant la musculation ont reçu des hydrates de carbone (190 g de maltodextrine en trois prises quotidiennes, soit un ajout de 760 calories) ou un gainer (290 g de glucides + 60 g de protéines en deux prises quotidiennes, soit un ajout de 1 500 calories) durant 28 jours (3.63): sur la



première semaine, les gains de masse musculaire ont été supérieurs grâce au gainer [presque 700 g contre une stagnation avec les hydrates de carbone.

Les deux groupes se rejoignent après deux semaines d'utilisation, car les sujets sous gainer plafonnent, et ceux sous glucides commencent à réagir. Au bout des 28 jours, les gains de muscle sont semblables dans les deux groupes, environ + 700 g de muscle. Par contre, là où le gainer fait la «différence», c'est dans la prise de tissu adipeux avec une accumulation de 700 g de graisse, alors que le groupe maltodextrine est stable.

Cette étude illustre le fait qu'une augmentation modérée de l'apport calorique peut se traduire par une prise de muscle. Mais passé un certain seuil, le seul gain qui va être noté est celui de gras. Le sportif doit s'en méfier, car sans les systèmes de mesure précis utilisés dans les études médicales, sur le court terme une accumulation graisseuse peut facilement passer pour une prise de muscle.

Croire que l'on peut forcer ses muscles à grossir grâce à une suralimentation appartient aux mythes. Contrairement à ce qui est souvent exposé, notre métabolisme n'est pas bien armé pour faire face à un excès de calories. Il va certes augmenter ses dépenses, mais de manière insignifiante. Des hommes recevant tout à coup 1 000 calories en plus dans leur alimentation, les dépenses quotidiennes augmentent de 18 calories la première semaine, 88 la seconde semaine, pour retomber ensuite (3.64). La différence entre notre apport et nos dépenses va se retrouver dans le tissu graisseux, et ceci n'est pas une bonne chose pour le sportif. Des études suggèrent même qu'un pourcentage de graisse élevé constitue un facteur limitant la progression de la force et de l'hypertrophie musculaire (3.65).

Fabriquer un gainer sain et plus efficace :

Le gros avantage des gainers est qu'ils sont peu chers. Mais ceci s'explique par le fait qu'ils se composent d'ingrédients très bas de gamme (caséinate de calcium, voire concentré de whey, et sucre). Si vous devez absolument consommer du gainer, il est préférable de le confectionner vous-même à partir d'ingrédients de bonne qualité. Ainsi, vous pourrez par la même occasion moduler son ratio protéines/glucides. Les gainers classiques contiennent, en général, plus de glucides que de protéines; non pas pour une question d'efficacité mais tout simplement afin de réduire les prix. En effet, les glucides coûtent bien moins chers que les protéines.

Un bon gainer sera composé d'isolat de whey (voire isolat+ caséine micellaire si vous désirez une assimilation plus lente). Les sucres en poudre seront avantageusement remplacés par des

céréales en poudre (avoine, orge ou sarrasin pour ceux qui désirent éviter le gluten). Contrairement aux sucres en poudre, ces céréales ne contiennent pas juste des calories; elles renferment aussi des nutriments (vitamines et minéraux), ainsi que des fibres. Elles constituent donc une bien meilleure source de glucides, plus saine pour la santé. Nous conseillons aussi de mettre autant de protéines (voire un peu plus) que de glucides. Si vous préférez modérer votre apport en glucides, de la poudre d'amande pourra se substituer, au moins partiellement, aux céréales.

### POURQUOI ENRICHIR LES PROTEINES AVEC DES ACIDES AMINES ?

A priori, si l'on consomme assez de protéines, il pourrait sembler superflu d'y adjoindre des acides aminés. Pourtant, de plus en plus de recherches indiquent qu'il existe des raisons pour lesquelles la puissance anabolique des protéines se trouve augmentée par les acides aminés. Cette amélioration s'explique essentiellement par un double mécanisme:

La vitesse de digestion des acides aminés est plus rapide que celle des protéines. En les consommant ensemble, il n'y aura pas de compétition au niveau de l'assimilation. Les acides aminés représentent un moyen d'enrichir les protéines en BCAA, et particulièrement en leucine, car plus on avance en âge, plus on aura besoin de leucine pour obtenir une réaction anabolique similaire à celle d'un homme jeune. La sensibilité du muscle à l'action anabolique des protéines décroît avec l'âge. Une sur-concentration de leucine peut compenser cette insensibilité. Chez des hommes actifs consommant habituellement 70 g de protéines en trois repas, une supplémentation en acides aminés essentiels (15 g) entre ces repas augmente la vitesse de synthèse des protéines musculaires de 25 % sur 24 heures (3.66). Nous voyons qu'il existe une marge pour accroître son anabolisme en augmentant l'apport en acides aminés. Les effets anabolisants des acides aminés s'ajoutent à ceux des protéines. La faiblesse de cette étude repose sur le fait que l'apport de base en protéines n'était pas très élevé. Plus celui-ci est important, plus l'action des acides aminés risque de se marginaliser.

Le renforcement des protéines par de la leucine juste après un effort, semble aussi présenter des avantages. Suite à une séance de musculation, des hommes non entraînés ont reçu trois boissons « anaboliques » différentes (3.67). Leur apport a été fractionné en petites doses prises toutes les trente minutes durant six heures. Ces boissons contenaient soit:

\_50 g de glucides,

\_50 g de glucides+ 33 g de whey,

\_50 g de glucides+ 33 g de whey + 16 g de leucine.

Par rapport aux glucides seuls, l'ajout de whey permet d'accroître la riposte anabolique de 34%. La prise concomitante de glucides+whey+leucine engendre un anabolisme supérieur de 55%.

En ce qui concerne le catabolisme, il est réduit de moitié par l'addition de whey aux glucides par rapport aux glucides seuls. L'enrichissement en leucine permet de le réduire de 62 %. Les sujets sous glucides restent en phase de catabolisme net durant les six heures de récupération. L'ajout de whey permet de placer les utilisateurs dans un environnement d'anabolisme net. Cet effet est encore plus prononcé lorsque de la leucine est ajoutée à la whey. La whey qui apporte déjà 10 % de leucine, ne contient pas assez de cet acide aminé pour assurer la récupération optimale du sportif. Les chercheurs qui ont mené cette étude notent d'ailleurs une forte corrélation entre la riposte anabolique post-effort et le niveau de leucine: plus celui-ci est important, plus la réponse anabolique est forte.

L'adjonction de leucine ou de BCAA aux protéines constitue de plus en plus une procédure standard dans les recherches scientifiques. Chez des hommes et des femmes non entraînés, la réponse anabolique à un entraînement de musculation a été comparée, suite à la prise dans l'heure qui suit de:

\_100 g de glucides liquides,

\_ou de 77 g de glucides + 5 g d'acides aminés + 17 g de concentré de whey.

Avec les hydrates de carbone seuls, 6 g de muscle ont pu être synthétisés dans les trois heures. Avec la combinaison, on atteint 18 g de muscle (3.68).

Cette supériorité des protéines va-t-elle perdurer dans le temps? C'est à cette question que répond l'étude suivante.

Durant huit semaines, des hommes jeunes ont suivi un programme de musculation d'une cuisse (3.69). Dans un cas, ils ont reçu une supplémentation de whey (20 g)+ leucine (6.2 g), dans un autre, des hydrates de carbone (placebo). Le supplément a été utilisé juste avant et juste après l'effort. Pour la cuisse entraînée, la force augmente de +31 % avec la whey/leucine, et de +24 % avec le placebo. La circonférence des fibres musculaires progresse de 7,3 % avec la

whey/leucine, et de 4,5 % sous placebo. Ce qui fait l'originalité de cette étude est qu'elle montre que pour la cuisse non entraînée, la force et la masse progressent grâce à la combinaison whey + leucine, mais pas sous placebo. Cette observation souligne qu'un anabolisme généralisé bien plus profond est permis par la whey enrichie en leucine.

Suppléments d'acide aminés et performance :

Les acides aminés peuvent aussi être utilisés seuls. Nous verrons que certaines études utilisent tous les acides aminés (essentiels+ non essentiels), mais la tendance récente est de n'utiliser que les acides aminés essentiels adjoints ou non à des conditionnellement essentiels.

(3.70) Antonio a étudié l'impact d'une prise de 18 g d'acides aminés par jour durant six semaines, en plus d'un entraînement de musculation et d'endurance chez des femmes non entraînées. L'endurance et la résistance sont augmentées par les acides aminés, mais, comparé au placebo, aucune amélioration de la composition corporelle ou de la force n'est relevée.

(3.71) Kraemer a fait suivre un programme de musculation conduisant au surentraînement chez de jeunes sportifs entraînés. Les sujets devaient travailler chacun de leurs muscles tous les jours durant quatre jours consécutifs, ceci afin d'excéder leur capacité de récupération. Le cinquième jour, des tests de force furent effectués, et un repos était accordé le week-end. Les deux premières semaines étaient les plus intenses en ce qui concerne la quantité de travail. Cette dernière a été un peu réduite lors des deux semaines suivantes. L'objectif des chercheurs était de reproduire la situation dans laquelle beaucoup de sportifs sont placés lors de compétitions: ils doivent fournir un volume de travail très important avec des périodes de récupération brèves.

Un groupe de sportifs a reçu un placebo, l'autre 0,4 g d'acides aminés essentiels par kg de poids corporel, ce qui représente un apport moyen de 35 g d'acides aminés par jour. Cette quantité a été divisée en quatre prises, afin d'être répartie sur toute la journée. Les prises devaient être effectuées au moins une heure avant les repas ou deux heures après ceux-ci. Des acides aminés devaient aussi être utilisés avant, puis après l'entraînement. Malgré cet apport conséquent en acides aminés, le profil nutritionnel devait être aussi proche que possible dans les deux groupes, surtout en ce qui concerne l'apport total en protéines. Ce qui a différé, c'est la répartition des prises de protéine du groupe acides aminés. Elle a été mieux fractionnée et mieux étalée au fil de la journée que celui du groupe placebo.

Les différences notées entre les deux groupes ne peuvent donc être attribuées à 100 % aux acides aminés. Il aurait fallu que le groupe placebo mange aussi des protéines pendant que les autres sujets prenaient leurs acides aminés. D'où l'importance du timing. Faut remarquer aussi que les acides aminés sont assez coûteux quand on est pas sponsorisé...

Dans le groupe sous placebo, cet important volume de travail s'est traduit par une baisse des performances lors de la première semaine. Aucune baisse n'a été constatée dans le groupe sous acides aminés. Lors de la deuxième semaine, la force des sujets sous placebo est remontée au niveau d'avant cette période de surentraînement. La force du groupe acides aminés excédait celle de départ. Les progrès en force n'ont commencé à apparaître que durant la troisième semaine dans le groupe placebo.

Le niveau du catabolisme musculaire s'est brusquement élevé dans les deux groupes du fait de l'augmentation du volume de travail de la première semaine, mais cette hausse a été grandement atténuée par la prise des acides aminés. Le niveau des marqueurs du catabolisme musculaire est multiplié par treize sous placebo et par sept sous acides aminés après une semaine de surentraînement. En deux semaines, les niveaux des marqueurs de catabolisme sont revenus à la normale dans les deux groupes. Kraemer note une corrélation importante entre l'ampleur du catabolisme musculaire et la perte de force aux cuisses. Une tendance à la diminution du niveau de testostérone totale est notée sur les trois premières semaines du programme avec le placebo. Une bien meilleure stabilisation du niveau de testostérone est observée sous acides aminés. Le niveau de testostérone libre (fraction active de la testostérone) tend à diminuer d'un tiers sur les trois premières semaines avec le placebo avant de remonter un peu ensuite. L'ampleur de la baisse est divisée par deux grâce aux acides aminés.

Sur la période des quatre semaines, les niveaux de testostérone ont été supérieurs dans le groupe acides aminés par rapport au placebo. Ceci pourrait expliquer l'impact positif de ce supplément. Les acides aminés font surtout la différence lors des deux premières semaines, quand le volume de travail est le plus important. Lorsque celui-ci diminue, les acides aminés perdent une part importante de leurs bénéfices.

Lorsque nous analysons la structure de l'appauvrissement des réserves d'acides aminés corporels, suite à des entraînements intenses, on découvre le profil de la supplémentation idéale.

Sugita dans son étude utilise un mélange d'acides aminés essentiels+ de la glutamine+ de l'arginine+de la proline. Des joueurs de football de haut niveau ont reçu 7,2g d'un tel mélange d'acides aminés pendant 90 jours d'entraînement (3.72). Après 45 jours de supplémentation, la moitié des joueurs ressentent une meilleure récupération physique entre les entraînements. Après 90 jours, chez 22 des 23 sujets, les acides aminés ont conféré un surcroît d'énergie et une amélioration de la forme physique. Ceci pourrait s'expliquer par l'augmentation du nombre des globules rouges permise par les acides aminés.

Des coureurs d'endurance ont reçu ce même profil d'acides aminés durant un mois (3.73). Trois dosages quotidiens ont été expérimentés: 2,2 g, 4,4 g ou 6,6 g. Les meilleurs résultats sont obtenus à la dose la plus élevée, alors qu'aux doses plus faibles, aucun effet n'apparaît. En plus d'une meilleure forme physique, une diminution du catabolisme musculaire est notée, grâce à l'apport de 6,6 g.

Chez des hommes non entraînés, la prise quotidienne de 11,2 g d'acides aminés durant 10 jours permet une accélération de la récupération musculaire suite à un entraînement de musculation traumatisant (3.74).

## EFFETS DES ACIDES AMINES INDIVIDUELS

### a)les BCAA

#### 1. Métabolisme des BCAA

Les BCAA pour Branched-Chain Amino Acids (acides aminés ramifiés) regroupent trois acides aminés essentiels: la leucine, l'isoleucine et la valine. Les BCAA constituent environ un tiers des protéines musculaires. Pourtant, notre corps ne possède pas les enzymes nécessaires à leur fabrication. Seule l'alimentation peut fournir au corps les BCAA dont il a besoin.

#### 2. Action des BCAA

De ces trois acides aminés, la leucine est la plus puissante sur le plan anabolique mais elle a besoin des deux autres afin de produire une action durable.

Des individus sédentaires en bonne santé ont été forcés à rester au lit durant six jours. L'inactivité physique provoque une diminution du rythme de synthèse des protéines. La prise de 50 g de BCAA, au lieu de 25 g, permet de maintenir à un niveau stable la vitesse de synthèse des protéines (4.1). Grâce au doublement de l'apport en BCAA, les pertes urinaires d'azote qui reflètent l'élimination des protéines corporelles ont diminué de 20 %. Tout ce qui influence le turnover des protéines étant susceptible de favoriser la récupération et la croissance musculaire, il est légitime que les BCAA intéressent les sportifs.

### 3. Activités physiques et niveau de BCAA

Contrairement à la grande majorité des autres acides aminés, la leucine est oxydée dans les muscles et peut être utilisée comme carburant durant un effort. Chez des athlètes de force, un entraînement intense de cinq semaines réduit le niveau total de BCAA de 20 % ; le niveau de leucine de 17 % ; d'isoleucine de 21 %, et de valine de 17 % (4.2). Ce, malgré un apport en protéines de 50 % plus élevé que la normale (1,26 g de protéines par kg). Grâce à une supplémentation quotidienne en leucine de 50 mg par kg, la diminution du niveau de leucine est inhibée. Les niveaux d'isoleucine et de valine ne bénéficient pas de la supplémentation en leucine puisqu'ils se réduisent de 25 % et de 21 % respectivement. Cette étude illustre l'intérêt d'utiliser les trois BCAA ensemble plutôt que de la leucine seule.

Les mesures effectuées par (4.3) Karlsson prolongent celles de Mero. Des hommes pratiquant la musculation depuis plusieurs années à raison d'une ou deux séances hebdomadaires ont servi de sujets. Leur niveau sanguin de BCAA a été mesuré avant, pendant et jusqu'à deux heures après une séance de musculation. Leur niveau de leucine chute constamment au cours de l'effort. Une baisse maximale de 20 % est atteinte 90 minutes après l'effort. Il en est de même pour la valine (-13 %) et l'isoleucine (-25 %), 90 minutes après l'entraînement.

Beaucoup d'études effectuées pendant un effort d'endurance modéré montrent un niveau de BCAA stable, mais la chute du niveau de BCAA peut être différée dans le temps. Chez des cyclistes amateurs venant de pédaler une heure à 70 % de leur V02 max, le niveau de BCAA sanguin tend à s'élever durant et un peu après l'exercice (+ 10%) avant de retomber brusquement en dessous du niveau de base (4.4), mais ces fluctuations sont toutefois de faible ampleur. Elles sont plus considérables suite à des efforts longs, voire très longs. Après un cross de 30 km, un marathon ou une épreuve d'ultra-endurance, le niveau plasmatique de BCAA baisse de manière importante (4.5).

#### 4. Intérêt des BCAA pour les sports de force

Dans l'étude de Karlsson (2004) que nous venons de décrire certains sujets ont reçu des BCAA avant, pendant et après la musculation, alors que d'autres prenaient un placebo. La riposte anabolique a été 3,5 fois plus puissante avec les BCAA que sous placebo. Des processus anaboliques restés inactifs après l'entraînement sous placebo ont été activés par les BCAA. Cette étude démontre qu'une synergie se crée entre l'entraînement et les BCAA en ce qui concerne la réponse anabolique post-effort. Grâce aux BCAA, celle-ci sera non seulement plus forte, mais aussi plus complète

Ces bénéfices obtenus sur le court terme peuvent se traduire par des gains musculaires à plus long terme, comme le montrent les études suivantes. Des hommes non entraînés ont utilisé quotidiennement 14 g de BCAA en plus d'un programme de musculation d'un mois (4.6). Le gain de muscle s'est élevé de 800 g, alors que la masse grasse diminuait de 700 g. Malheureusement, le manque d'un groupe placebo ne permet pas vraiment de distinguer l'effet réel des BCAA, mais l'ampleur des gains mesurés est appréciable.

Des hommes pratiquant la musculation depuis au moins 2 ans ont reçu 7,5g de BCAA avant, puis 7,5g après l'entraînement durant 8 semaines (4.7). Un autre groupe recevait le même entraînement+ un placebo. Ce dernier groupe a accru son poids corporel de 750 g contre 1 kg dans le groupe BCAA. La perte de graisse est aussi plus marquée avec les BCAA: - 4,5 kg contre - 500 g avec le placebo. La force des cuisses progresse de 22 % avec les BCAA, contre 18 % avec le placebo. La force du torse augmente de 5,6 % avec les BCAA, et de 2,6 % avec le placebo.

#### 5. Intérêt des BCAA pour l'endurance

Dans l'étude de (4.8) Blomstrand, mentionnée plus haut, certains des cyclistes ont bu une solution riche en BCAA avant, pendant et après l'effort, alors que d'autres recevaient un placebo. Les BCAA ont protégé l'intégrité musculaire.

Chez des nageurs entraînés, la prise quotidienne de 12 g de BCAA prévient le catabolisme musculaire qui prend place sous placebo 24 heures après une compétition de crawl de 600 m (4.9). La récupération s'en trouve donc accélérée.

En altitude, le manque d'oxygène est associé à une perte de poids expliquée à la fois par une fonte musculaire et grasseuse. Des athlètes pratiquant le trekking à plus de 3 000 m ont été utilisés comme cobayes (4.10). Durant 21j, certains ont reçu 11,5 g de BCAA, et d'autres, un



placebo. Les dépenses énergétiques augmentent de 4 % en altitude. La perte de poids atteint 2,8 % avec le placebo contre seulement 1,7 % sous BCAA. Il y a une accentuation de la perte de graisse (11,7 % pour les BCAA, et 10,3 % pour le placebo) et une prise de muscle (+1,5 % pour les BCAA, contre une stabilisation avec le placebo). La masse des muscles des bras augmente de 4 % avec les BCAA, alors qu'elle fond de 6,8 % avec le placebo.

Chez des kayakistes pratiquant la compétition, la prise de 45 mg de leucine par kg de poids corporel durant six semaines, élève le niveau plasmatique de BCAA et de leucine (4.11). La fatigue lors d'un effort effectué à 70 % de leur capacité est repoussée de quatre minutes avec les BCAA, contre une stagnation sous placebo. Le sentiment de fatigue se développe moins rapidement sous BCAA. La progression de la puissance musculaire est plus importante sous BCAA que sous placebo. Par contre, aucune prise de muscle n'est détectée.

## 6. Comment utiliser les BCAA ?

Contrairement à beaucoup d'autres acides aminés qui sont détruits avant d'arriver dans nos muscles, la capacité du système digestif et du foie à dégrader les BCAA est faible. Une prise orale de BCAA augmente donc facilement le niveau de BCAA dans le sang et dans les muscles. Par exemple, la prise orale par des hommes, de 7,5 g de BCAA répartie sur deux heures trente, permet d'obtenir un doublement rapide du niveau de BCAA sanguin (4.12). Cette élévation est durable dans le temps; elle se traduit aussi par une hausse du niveau de BCAA dans les muscles. La prise orale de 308 mg de BCAA par kg de poids corporel permet d'augmenter de 65 % le niveau musculaire de BCAA (4.13). Les BCAA peuvent être utilisés entre les repas, avant, pendant et juste après l'entraînement, ainsi que le soir et la nuit.

### b) la glutamine

#### 1. Métabolisme de la glutamine

La glutamine est un acide aminé appartenant à la famille des acides aminés conditionnellement essentiels. Chez le sportif qui s'entraîne régulièrement, la glutamine doit être considérée comme un acide aminé essentiel, car la capacité du corps à la synthétiser est largement inférieure à la destruction provoquée par l'effort. Nos muscles sont responsables

d'environ 70 % de notre synthèse totale de glutamine. Il semble qu'ils se servent des BCAA comme précurseurs de la glutamine.

La glutamine est l'acide aminé le plus abondant dans le corps. Elle représente environ les deux tiers des acides aminés libres dans nos muscles. (4.14) Kuhn revoit cependant ces valeurs à la baisse. On peut s'attendre à ce que la glutamine y joue un rôle important. Il existe une corrélation étroite entre le niveau de glutamine libre dans les muscles et la capacité de synthèse des protéines. Plus le taux de glutamine dans les muscles est élevé, plus l'anabolisme est puissant. Des études humaines ont montré qu'une baisse artificielle du niveau de glutamine musculaire diminue la vitesse de synthèse des protéines de 11 %.

La plus célèbre étude qui a contribué à populariser l'usage de la glutamine par les sportifs est celle menée par (4.15) Haussinger. Il y démontre que l'anabolisme est régulé, au moins en partie, par l'état d'hydratation de la cellule. Plus celle-ci est hydratée, plus l'anabolisme est favorisé. Il montre que la glutamine est un régulateur important de l'hydratation de la cellule.

## 2. Mécanismes d'action de la glutamine

Comme nous l'avons vu, au moins in vitro, la glutamine va directement stimuler l'anabolisme protéique. Elle possède aussi des effets moins directs. La prise orale de 2 g de glutamine par des hommes et des femmes sédentaires multiplie par quatre la sécrétion d'hormone de croissance après 90 minutes (4.16). Cette même prise de 2 g de glutamine favorise l'excrétion rénale d'acide et accroît le niveau de bicarbonate. Cette propriété de la glutamine pourrait, en théorie, aider à accélérer la récupération lors d'un entraînement séquentiel ou pourrait repousser les limites de la fatigue lors d'un effort prolongé. Par contre, la glutamine semble aussi réduire la mobilisation des graisses et limiter la disponibilité énergétique lors d'un effort ou d'un régime.

## 3. Activités physiques et niveau de glutamine

Durant un entraînement, les niveaux de glutamine corporels sont altérés. (4.17) Keast montre que plus l'intensité de l'effort augmente, plus la baisse plasmatique est conséquente. À intensité maximale, les diminutions s'élèvent à 55 %. (4.18) Rohde signale que la baisse de glutamine n'est pas toujours immédiate après l'effort. Ainsi, ce n'est que 90 minutes après un marathon qu'une chute maximale de glutamine est observée. Deux heures plus tard, les valeurs ne sont toujours pas remontées.

(4.19) Hiscock note qu'à long terme, tous les sports n'ont pas le même impact sur la glutamine. Les niveaux de glutamine plasmatique les plus élevés ont été trouvés chez les cyclistes, alors qu'ils étaient beaucoup plus bas chez les nageurs et dans les sports de force. Pourtant, de tous les sportifs, ces derniers recevaient l'apport le plus conséquent en protéines alimentaires.

Pour Kingsbury (4.20), plus que le type de sport pratiqué, c'est le degré de fatigue de l'athlète qui affecte son niveau de glutamine. Il le démontre grâce à des analyses de sang effectuées chez des sportifs préparant les jeux Olympiques.

\_Chez les athlètes en forme, les niveaux de glutamine apparaissent normaux, mais s'approchant plus des limites basses que des limites hautes. Ces sportifs avaient 554 micromoles de glutamine par litre de sang, alors que les limites normales s'étendent de 480 à 800 micromoles par litre. Seuls 10 % des champions de ce groupe se trouvent en dessous de la limite basse.

\_Chez des athlètes fatigués mais capables de récupérer en 24 heures, les niveaux moyens sont de 356 micromoles de glutamine par litre. Cent pour cent des sportifs de ce groupe se trouvent sous la norme minimale.

\_Chez les sportifs souffrant d'un surentraînement flagrant, les valeurs sont assez similaires avec 383 micromoles par litre. 95% des personnes de ce groupe se situent sous la norme minimale. Ce qui différencie ces deux derniers groupes d'athlètes, c'est le fait qu'en phase de récupération après les jeux, le groupe surentraîné montre des valeurs toujours très basses alors que les athlètes ne souffrant que de fatigue passagère ont des taux qui sont revenus dans la norme.

\_Kingsbury souligne aussi qu'avant les jeux, tous les athlètes souffrant d'infection se situaient en dessous des 480 micromoles par litre. Après les jeux, 80 % des personnes infectées se trouvaient sous ce niveau.

Selon Smith (4.21) des niveaux bas de glutamine refléteraient un excès de volume de travail par rapport à ce qui peut être toléré par le sportif. Chez des athlètes de calibre international, il note des diminutions de 10 % du niveau de glutamine durant les périodes d'entraînement intense. Par contre, des élévations plasmatiques de glutamate pourraient trahir un manque de récupération. Il suggère qu'un rapport glutamine/glutamate bas signale une faible tolérance à l'effort, et peut-être un surentraînement.

En altitude, les besoins en glutamine semblent accrus. Chez des athlètes d'endurance, le niveau de glutamine dans le sang baisse de 19 % après trois semaines d'entraînement en altitude (4.22). Diminution qui pourrait partiellement expliquer la hausse de 50 % des problèmes respiratoires et digestifs notée en altitude par rapport à un même entraînement effectué au niveau de la mer.

#### 4. Intérêt de la glutamine pour la performance

Malgré cela, les bénéfices concrets de la glutamine ont du mal à se matérialiser chez le sportif. Haub (1998) et Antonio (2002) ne détectent aucune amélioration de la performance chez des personnes venant d'ingérer de la glutamine. Sur le plus long terme, Candow (2001) ne rapporte pas non plus d'amélioration ni de la force, ni de la masse musculaire suite à la prise de glutamine durant six semaines par des jeunes gens pratiquant la musculation. Thistlethwaite (2005) confirme ces résultats.

Aucun effet bénéfique n'est noté lors d'un régime hypocalorique de douze jours par des lutteurs (Finn, 2003). Ni la perte de graisse, ni la masse musculaire n'ont bénéficié de la supplémentation quotidienne de 25 g de glutamine. Seul Piattoly (2004), dans un rapport publié sous forme de résumé, note que la récupération aussi bien en force qu'en endurance est accélérée lorsque les athlètes prennent de la glutamine (0,3 g par kg)+ des glucides au lieu de glucides seuls, immédiatement après un effort.

#### 5. Comment utiliser la glutamine ?

Nous pourrions tout de même être tentés de vouloir prendre un supplément de glutamine afin de favoriser l'anabolisme. Malheureusement, il est très difficile d'accroître les niveaux de glutamine musculaire, même en utilisant des perfusions comme le font les chercheurs dans leurs études. Par exemple, l'étude (4.23) montre que la prise orale de 5,8 g de glutamine augmente les niveaux plasmatiques de glutamine de 20 % sans pour autant influencer son taux dans les muscles.

L'autre cause du manque de résultat pourrait s'expliquer par la très mauvaise absorption de la glutamine utilisée sous forme libre (L-glutamine). (4.24) Ziegler estime qu'environ 85 % de la

L-glutamine prise par voie orale est interceptée par le foie et surtout par l'intestin. Dans ce dernier, la glutamine est captée, utilisée ou détruite (4.25). Il faut dire que l'appareil digestif, particulièrement l'intestin, et les cellules immunitaires sont très friands de glutamine: c'est une de leur source d'énergie préférée. La glutamine pourrait, par contre, servir à protéger la santé de l'athlète vu son rôle pour le système digestif et l'immunité.

Afin de pallier ce problème de détournement digestif, de plus en plus de suppléments contiennent de la glutamine sous forme de peptide. C'est le cas des protéines de blé qui sont très riches en glutamine (elles contiennent environ 25 % de glutamine) sous forme de peptides de glutamine.

Il existe aussi des moyens détournés d'accroître les niveaux de glutamine sans prendre de glutamine:

\_les BCAA permettent d'accroître la production musculaire de glutamine (4.26):

\_l'utilisation de glucides pendant l'effort atténue la baisse du niveau de glutamine.

c)l'arginine

### 1. Métabolisme de l'arginine

Semi-essentielle pour les personnes sédentaires, l'arginine doit être considérée comme un acide aminé essentiel chez les sportifs sérieux. L'arginine peut être synthétisée à partir de glutamate, de proline ou de glutamine. C'est en se convertissant d'abord en citrulline que la glutamine peut servir de précurseur pour la synthèse d'arginine. Mais ces conversions se font de manière peu efficace, ce qui ne permet pas de compenser les pertes en arginine lorsque celles-ci sont accélérées par l'effort musculaire.

L'apport alimentaire en arginine demeure crucial. Même chez des hommes sédentaires, une alimentation dépourvue d'arginine abaisse les niveaux sanguins de plus de 20 % après six jours (4.27). Que l'alimentation apporte ou non de l'arginine, la vitesse de transformation de la citrulline en arginine reste identique. Il n'y a donc pas d'adaptation de la vitesse de synthèse afin de compenser un moindre apport.

### 2. Mécanismes d'action de l'arginine

L'éventuelle action positive de l'arginine a longtemps été attribuée à sa capacité d'accroître la sécrétion d'hormone de croissance (GH). une hormone qui favorise la prise de muscle et la perte de graisse. Aujourd'hui, deux autres voies qui sont celles de l'augmentation du niveau de

monoxyde d'azote (NO) et de synthèse de créatine s'ajoutent à la première. Le NO favorise l'anabolisme ainsi que l'oxygénation des muscles. En tant que précurseur de la créatine, l'arginine va augmenter nos capacités de synthèse de créatine, ce qui va accroître la force et la récupération. L'arginine pourrait aussi agir comme antifatigue en diminuant la production ou en accélérant l'évacuation de déchets métaboliques comme l'ammoniaque, produits en surabondance lors d'un effort.

### 3. Activités physiques et niveau d'arginine

Des exercices d'intensité modérée sont en général associés à une hausse du niveau d'arginine dans le sang. Des efforts extrêmes causent souvent, mais pas obligatoirement, une baisse du niveau d'arginine plasmatique. Chez des cyclistes professionnels, une baisse de 21 % du niveau d'arginine est notée après une compétition (4.28). Chez des athlètes de force, une séance de musculation de 90 minutes diminue la concentration d'arginine de 15 % (4.29). Chez les mêmes sujets, cinq semaines d'entraînement intense en force induisent une réduction de près de 19 % du niveau d'arginine (4.30).

### 4. Intérêt de l'arginine pour le sportif de force

Chez vingt haltérophiles, la prise quotidienne de 12 g de chlorhydrate d'arginine pendant un mois semble accélérer la prise de poids chez la plupart des utilisateurs (4.31). Leur vitesse de récupération cardiaque après un effort est améliorée. Les sujets affirment aussi ressentir une accélération de vitesse d'acquisition de force. (4.32) Boudjemaa montre que la triple prise quotidienne de 3 g de chlorhydrate d'arginine pendant plusieurs mois par des haltérophiles pratiquant la compétition permet une augmentation moyenne de la performance de 38 %. La prise de force a été accélérée par l'arginine via l'anabolisme musculaire.

(4.33) Léglise a étudié les effets de la prise quotidienne de 3 g d'aspartate d'arginine chez cinquante jeunes sportifs espoirs. Ces derniers étaient en phase d'entraînement intensif, mais montraient des signes de fatigue et subissaient « une diminution de leur rendement physique et intellectuel ». Après vingt jours d'utilisation, il en ressort « une diminution nette des symptômes subjectifs de fatigue » ainsi qu'une meilleure récupération.

**Nous pourrions reprocher à ces trois études, anciennes, l'absence de groupe témoin ayant utilisé un placebo parallèlement aux sujets sous arginine. Il est ainsi difficile de déterminer la part respective des effets de cet acide aminé et ceux de l'entraînement.**

(4.34) Elam montre que, par rapport à un placebo, la prise quotidienne d'1 g d'arginine + 1 g d'ornithine permet une accélération de la prise de muscle et de force chez des hommes suivant un programme de musculation de cinq semaines. La supplémentation aurait réduit le catabolisme, ce qui favorise la récupération.

Dans une étude précédente, (4.35) Elam allait déjà dans le même sens. Des sujets non entraînés ont débuté la musculation sur une période de cinq semaines. Certains utilisaient soit 1 g d'arginine + 1 g d'ornithine, soit un placebo. Le groupe sous acides aminés a diminué son pourcentage de graisse de plus de 8 %, alors que la réduction ne s'élève qu'à 2 % sous placebo. Les mensurations relevées sur les principaux groupes musculaires augmentent d'un total de 56 cm avec les acides aminés, mais de seulement 45 cm dans le groupe placebo.

Ces conclusions n'ont d'ailleurs pas été confirmées par (4.36). Des sujets pratiquant la musculation ont reçu 0,2 g d'hydrochlorate d'arginine par kg de poids corporel ou un placebo pendant dix jours lors d'un régime amincissant. Aucune augmentation de la perte de graisse ni du niveau de GH ou d'IGF-1 n'est notée par rapport au placebo. La perte de force induite par la restriction calorique a été similaire dans les deux groupes. Ce manque de résultat s'explique probablement par le fait que le dosage retenu ne s'est pas avéré suffisant pour élever le niveau d'arginine dans le sang. On pourrait aussi reprocher la très courte durée de l'étude de Walberg-Rankin. Cela pourrait avoir masqué l'éventuelle montée en puissance de l'effet de l'arginine. De nouvelles recherches semblent nécessaires avant de pouvoir se prononcer quant à l'efficacité de l'arginine pour les sports de force.

## 5. Intérêt de l'arginine pour le sportif d'endurance

La prise de 15 g d'aspartate d'arginine chez des coureurs de fond et demi-fond durant quatre semaines permet une augmentation de la force/endurance de 20 % contre seulement 6 % pour le placebo (4.37). Une augmentation de la capacité d'endurance est aussi notée en parallèle avec une moindre élévation du niveau d'acide lactique pendant l'effort (4.38). Ces résultats sont confirmés par l'étude (4.39). Ce dernier montre qu'une infusion d'arginine chez des sujets sains durant un effort d'endurance, réduit les augmentations de lactate et d'ammoniaque, de déchets musculaires.

Des étudiants en éducation physique ont reçu 1 g d'aspartate d'arginine ou un placebo trois fois par jour (matin, midi et soir) durant 3 semaines (4.40)(Burtscher, 2005). Un test cardiovasculaire d'intensité graduelle a été mené avant et après la supplémentation. Grâce à la prise d'arginine, la performance aérobique s'est accrue beaucoup plus qu'avec le placebo.

L'élévation du lactate sanguin, la consommation d'oxygène et la fréquence cardiaque ont connu des diminutions grâce au supplément. Ces améliorations sont attribuées à la hausse de la synthèse de NO produite par l'arginine. L'augmentation de l'oxydation des graisses est attribuée à l'aspartate.

Par contre, (4.41) Abel ne détecte aucun effet favorable sur la performance suite à la prise de 5,7 g d'arginine + 8,7 g d'aspartate durant quatre semaines par des sportifs d'endurance masculins.

6) Comment expliquer les effets si contrastés de l'arginine?

Tout comme la glutamine, l'arginine est victime d'une mauvaise assimilation. Elle va non seulement être mal absorbée, mais peut causer des troubles digestifs importants chez nombre d'utilisateurs. Par ailleurs, le niveau d'arginine sanguin avant la prise pourrait aussi influencer l'ampleur de son efficacité.

7) L'arginine comme booster de GH

L'effet de l'arginine sur la sécrétion de GH reste relativement controversé. Cela fait très longtemps que les médecins utilisent les perfusions d'arginine afin de déclencher une hausse d'hormones de croissance. La controverse concerne la capacité d'une prise orale d'arginine à reproduire l'action d'une perfusion. C'est l'étude (4.42) d'Isidori qui a popularisé l'usage d'arginine pour stimuler la sécrétion de GH. Il montre que chez des hommes sédentaires très jeunes (âgés de 15 à 20 ans), la prise orale de 1,2 g d'arginine + 1,2 g de lysine multipliait par huit la sécrétion de GH après 90 minutes. Cependant, il montre aussi que la prise de 2,4 g d'arginine seule n'a aucun effet sur la sécrétion d'hormones de croissance. (4.43) Suminsky tend à confirmer l'action de cette combinaison chez des hommes âgés de 20 à 25 ans. Par contre, l'ampleur de la hausse de GH est nettement revue à la baisse avec des élévations qui ne sont qu'un peu plus que doublées. À ce sujet, les travaux de (4.44) Moore sont assez éclairants. Des hommes ont reçu 0, 3, 6 ou 9 g d'arginine. Leur niveau de GH a ensuite été mesuré toutes les trente minutes et ce, pendant quatre heures. Moore distingue trois grands types de réponses à l'arginine. Il y a un groupe d'individus qui répond très bien à l'arginine avec des hausses qui s'étalent de + 200 à + 1 000 %. Un second groupe répond de manière modérée avec des niveaux de GH qui s'élèvent entre + 70 à + 120 %, et un dernier groupe semble complètement insensible à l'action de l'arginine. (4.45) Wideman tente de préciser le mode d'action de l'arginine sur la GH. La sécrétion d'hormone de croissance est en grande partie régulée par deux hormones. La première, la GH-RH (pour GH-Releasing hormone)



stimule sa sécrétion, alors que la seconde, la somatostatine, l'inhibe. L'arginine agirait surtout sur la somatostatine afin de réduire l'ampleur de son action inhibitrice, permettant ainsi d'accroître la sécrétion de GH. Il est aussi intéressant de noter que l'action de l'arginine sur la GH semble indépendante de celle exercée sur la sécrétion de NO.

Lorsque Wideman perfuse des hommes et des femmes avec 30 g d'arginine durant un effort aérobic d'une heure, la sécrétion de GH double par rapport à l'injection d'une substance inactive. Cet effet additif de l'arginine sur la sécrétion de GH induite par l'effort n'est pas confirmé surtout lorsque l'arginine est utilisée en prise orale avant une séance de musculation (4.46). Au contraire, la prise d'arginine avant la musculation pourrait inhiber la sécrétion d'hormone de croissance. L'action stimulatrice de l'arginine sur l'insuline, une hormone antagoniste de la sécrétion de GH, pourrait expliquer ce phénomène.

Le problème majeur de toutes ces études est qu'elles n'en mesuré une hausse de GH qu'à la suite d'une prise unique d'arginine .. Rien ne dit qu'en utilisant l'arginine de manière quotidienne, cette action stimulante ne va pas rapidement s'atténuer avec le temps. Les études effectuées sur quelques semaines, mais chez des sédentaires, suggèrent pourtant que non.

La question la plus importante est tout de même de savoir si cette hausse de GH induite par l'arginine va se traduire automatiquement par une amélioration physique. Les études modernes tendraient à suggérer que non. Et comme nous l'avons vu plus haut, les recherches anciennes montrant des effets positifs de l'arginine restent assez vagues et imprécises sur l'impact de l'arginine concernant une éventuelle variation de la composition corporelle.

#### CONCLUSION :

La prise d'arginine le soir au coucher est préférable à celle qui va précéder un effort lorsqu'une hausse de GH est recherchée. L'usage d'arginine pour accroître la GH ne constitue par forcément une dépense d'argent judicieuse. Les «nouvelles» fonctions de l'arginine, particulièrement sur l'immunité ou sur la sécrétion de NO apparaissent plus intéressantes.

#### 8. NO: le paradoxe de l'arginine

Le principal booster de la sécrétion du monoxyde d'azote, c'est l'arginine. Cet acide aminé est le précurseur direct du NO. En théorie, notre corps renferme assez d'arginine pour synthétiser tout le NO dont il a besoin. Il a été scientifiquement calculé que la prise d'un supplément d'arginine ne devrait en aucun cas favoriser la sécrétion de NO. Pourtant, les études sont assez

unanimes sur ce point: une supplémentation d'arginine augmente bien le niveau de production de NO. Par exemple, la prise orale de 0,1 ou 0,2 g de L-arginine par kg de poids corporel permet d'accroître la production de NO chez des hommes et des femmes (4.47). Cette élévation du NO est maximale deux heures après la prise d'arginine. Il existe une relation dose/effet entre la quantité d'arginine ingérée et l'élévation de la production de NO,

\_ à la dose de 0,05 g par kg, l'élévation n'est pas significative;

\_ à 0,1 g par kg, l'augmentation maximale dépasse les 50 % ;

\_ à 0,2 g par kg, la hausse atteint les 200 %.

Les scientifiques désignent ce phénomène étrange sous le terme de paradoxe de l'arginine. En effet, la fabrication de NO à partir de l'arginine n'est pas si simple. Si l'arginine promeut la fabrication de NO, il existe des mécanismes inhibiteurs naturels qui vont empêcher l'arginine de se convertir en NO. La prise d'arginine réduit la puissance de ces phénomènes inhibiteurs, ce qui conduit à une hausse du niveau de synthèse du NO.

Suite à une prise orale de 10 g d'arginine, (4.48) Tang ne détecte aucune élévation du niveau de NO ni aucun accroissement de l'anabolisme musculaire.

#### 9) Comment utiliser l'arginine?

(4.49) Evans montre que la dose optimale de L-arginine se situe autour des 9 g. Cette quantité permet une bonne élévation plasmatique d'arginine sans induire les effets secondaires notés avec les doses plus élevées. Collier (4.50) confirme ces données en ayant comparé l'effet d'une prise de 5, 9 ou 13 g d'arginine chez des hommes jeunes en bonne santé.

Il existe essentiellement 3 différentes formes d'arginine. Le chlorhydrate d'arginine, qui est la forme la plus ancienne, mais la moins recommandable pour calculer la dose d'arginine sous cette forme. il faut tenir compte des 20 % de masse due au chlorhydrate. La seconde forme plus perfectionnée, c'est la L-arginine qui est une forme d'arginine pure. Son principal problème, même s'il est moins prononcé qu'avec le chlorhydrate d'arginine est le risque d'importants problèmes digestifs, surtout s'il est utilisé à jeun. La forme la plus élaborée est l'arginine sous forme peptidique telle l'OKG ou l'AKG. Ces formes plus coûteuses sont bien mieux assimilées.

#### d)La citrulline

Les recherches ont montré que la prise de citrulline était plus à même d'accroître les niveaux d'arginine que la prise d'arginine elle-même. En effet, une grande partie de cette dernière se trouve dégradée lors de son passage dans le foie, ce qui n'est pas le cas de la citrulline; 3 à 6 g de cet acide aminé permettent de doubler le niveau d'arginine dans le sang. La citrulline devrait donc accroître la performance ainsi que la production de NO durant l'effort. Ce n'est pourtant pas ce que montrent les recherches (4.51). Suite à la prise de 3 ou 9 g de citrulline, la performance d'endurance est réduite chez douze des dix-sept utilisateurs, par rapport au placebo. Le sentiment de fatigue est accentué par la citrulline. Ces effets délétères pourraient s'expliquer par l'inhibition de la production de NO durant l'effort, notée sous citrulline.

#### e)Le malate de citrulline

Cet effet de la citrulline contraste avec les études effectuées sur le plus long terme et ayant utilisé du malate de citrulline. Ce dernier combine l'acide malique et la L-citrulline. Cette combinaison a surtout été étudiée chez les personnes souffrant d'asthénie, mais chez des sportifs entraînés sains, une dose quotidienne élevée de 12 à 18 g durant treize jours, améliore les performances d'endurance. La prise quotidienne de 6 g reste sans effet. Le principal intérêt du malate de citrulline est d'accélérer la récupération entre deux séries d'efforts qui s'enchaînent rapidement. Contrairement à la citrulline pure qu'il faut utiliser à petites doses tout au long de la journée, il est préférable d'utiliser le malate de citrulline en prise unique, environ 1 heure avant l'entraînement.

#### f)Le bêta-hydroxy-bêta-méthylbutyrate (HMB)

Le HMB est un métabolite issu de la dégradation de la leucine. Il s'agit d'un acide aminé que nous produisons naturellement en faible quantité. Environ 5 % de la leucine que nous mangeons sera dégradée en HMB. Concrètement, cela veut dire que la production quotidienne de HMB chez une personne sédentaire s'élève de 0,2 à 0,4 g.

C'est un acide aminé ramifié essentiel qui réduirait la perte en protéines à la suite d'un stress en inhibant le catabolisme des protéines. Des études in vitro menées chez le rat et le poulet ont montré que l'exposition de tissu musculaire à du HMB diminuait fortement le catabolisme protéique et augmentait légèrement la synthèse des protéines. D'autres résultats suggèrent une plus forte oxydation des acides gras de cellules musculaires in vitro exposées au HMB. Selon la quantité d'HMB apportée par les aliments (des sources relativement riches comprennent le

poisson-chat, le pamplemousse, le lait maternel), le corps synthétise quotidiennement entre 0,3 et 1 % de HMB, parmi lesquels 5 % proviennent du catabolisme de la leucine d'origine alimentaire. À cause de ses effets potentiels sur la rétention d'azote, de nombreux sportifs qui suivent un entraînement en résistance consomment directement des suppléments de HMB afin de prévenir ou de ralentir des lésions musculaires et de réduire la dégradation musculaire (protéolyse) consécutive à un effort physique intense.

La toute première étude concernant l'usage du HMB chez l'homme a été publiée en 1996 par Nissen(4.52). Dans cette publication, des débutants en musculation ont reçu quotidiennement 3 g de HMB ou un placebo durant trois ou sept semaines d'entraînement. Après trois semaines sous HMB, les indicateurs du catabolisme musculaire ont été abaissés de 20 à 60 % par rapport au placebo. Après sept semaines d'utilisation, la prise de muscle avec le HMB s'est élevée à 2,3 kg contre 800 g pour le groupe placebo. Le gain de force a été de 13 % avec le HMB et 8 % sous placebo. Cependant, si l'on tient compte de la marge d'erreur statistique, la signification de ses résultats est très faible.

Si quelques autres études confirment les résultats de Nissen, Hoffman (4.53) ne détecte aucun bénéfice sur le catabolisme ou sur la force suite à l'usage de HMB par des footballeurs américains. Dans une autre étude, également effectuée sur des footballeurs américains, aucune prise de force ou gain de masse musculaire supérieurs à un placebo ne sont trouvés suite à la prise de HMB durant un mois (4.54). Le même genre de résultat est rapporté par Slater(4.55) après six semaines d'utilisation.

Afin de déterminer l'effet du HMB exogène sur la réponse du muscle squelettique à un entraînement en résistance, de jeunes adultes de sexe masculin ont participé à deux tests randomisés. Dans la première étude, 41 sujets ont reçu quotidiennement 0 ; 1,5 ou 3 g de HMB (sel de calcium de HMB mélangé à du jus d'orange) et des suppléments en protéines variables, 115 g ou 175 g par jour durant 3 semaines. Pendant ce temps, les sujets devaient soulever des poids 1,5h par jour, 3 jours par semaine, durant 3 semaines. Dans la 2e étude, 28 sujets consommaient quotidiennement soit 0,5 soit 3 g de HMB et faisaient 2 à 3 heures de musculation par jour, 6 jours par semaine durant 7 semaines.

Les résultats de la première étude ont montré qu'au cours des 2 premières semaines d'entraînement physique, la supplémentation en HMB réduisait de manière significative l'élévation de la protéolyse musculaire induit par l'exercice (reflétée par le 3-méthylhistidine urinaire et la créatine phosphokinase plasmatique). Ces marqueurs biochimiques de lésions

musculaires étaient réduits de 20 à 60 % dans le groupe supplémenté au HMB. De plus, le poids total soulevé chaque semaine d'entraînement par les sujets de ce groupe dépassait de manière significative le groupe non supplémenté, avec un effet plus marqué parmi les individus recevant le supplément le plus élevé en HMB. La force musculaire a augmenté de 8 % chez le groupe non supplémenté, tandis que l'augmentation est plus importante dans les groupes supplémentés (13 % pour celui qui prenait 1,5 g/jour et 18,4 % chez le groupe prenant 3,0 g/jour). Les suppléments en protéines n'ont pas apporté d'effet supplémentaire dans aucune des mesures. L'absence d'effet avec l'apport supplémentaire de protéines devrait être relativisé car la « plus faible » quantité de protéines consommée par l'un des 2 groupes correspondait à près de deux fois les ANC (117 g/jour).

Les résultats de la seconde étude ont montré que la masse maigre (mesurée par conductivité électrique du corps entier) du groupe supplémenté au HMB a augmenté de manière très significative comparativement au groupe non supplémenté après 2 et 4 à 6 semaines d'entraînement. Cependant, lors de la dernière mesure faite durant l'entraînement, la différence entre les 2 groupes a tellement diminué qu'il n'est pas possible de déterminer de différence significative entre les valeurs de base mesurées avant l'entraînement.

Bien que le mode d'action exact du HMB sur le métabolisme musculaire, l'amélioration de la performance et la composition corporelle demeure encore inconnu, les scientifiques prétendent que la consommation de ce métabolite durant un entraînement en résistance inhibe les processus protéolytiques normaux qui accompagnent la surcharge musculaire intense. Tandis que de tels résultats visent à démontrer un effet ergogénique de la supplémentation en HMB, il reste à découvrir quel constituant de la masse maigre (protéine, os, eau) le HMB modifie réellement. Les bénéfices potentiels concernant la composition corporelle ne seraient que temporaires, tendant à retourner vers l'état non supplémenté au fur et à mesure que l'entraînement se poursuit. De plus, des études à long terme devront être entreprises par d'autres laboratoires afin de vérifier les résultats actuels et d'évaluer les effets à long terme de suppléments en HMB sur la composition corporelle, la réponse à l'entraînement et la santé ainsi que sur la sécurité en général.

Si la leucine semble être le régulateur le plus puissant de la croissance musculaire, certains scientifiques pensent que cette action est indirecte. Ce serait suite à sa dégradation en un métabolite que la leucine deviendrait la plus efficace. On a émis l'hypothèse que le HMB produirait la majeure partie des effets de la leucine. Le HMB a d'abord été utilisé, avec un

certain succès, afin d'accroître la masse musculaire des animaux (4.56). En tube à essai sur du muscle animal, le HMB semble posséder de réels effets anti-catabolisants, surtout lorsqu'il est administré avec des oméga 3 (4.57).

En ce qui concerne l'innocuité du HMB, aucun effet secondaire n'est noté chez des rats suite à la prise de très fortes doses de HMB durant 91 jours (4.58). Chez des sportifs entraînés, la prise quotidienne de 3 g de HMB durant six semaines n'a produit aucun effet secondaire visible ou mesurable (4.59). Le HMB pourrait peut être avoir plus d'applications dans les sports d'endurance (4.60). Cet acide aminé semblerait favoriser l'usage des acides gras comme carburant, épargnent ainsi le glycogène musculaire.

g) la carnosine

La carnosine, ou bêta-alanyl-L-histidine, est un dipeptide car il est le résultat de la combinaison de deux autres acides aminés: la bêta-alanine et la L-histidine. Dans notre corps, la carnosine est principalement trouvée dans nos muscles mais aussi dans le cœur et dans le cerveau. Les suppléments de carnosine sont encore rares, mais ils risquent de se répandre dans un avenir proche.

L'étude de (4.61) Suzuki montre que chez des hommes, la puissance musculaire à la fin d'un sprint de trente secondes est directement corrélée à la concentration musculaire de carnosine (plus le niveau de ce dipeptide est élevé, plus les sujets avaient de force en fin de parcours). L'une des propriétés de la carnosine qui intéresse le plus le sportif est sa capacité à neutraliser l'acide qui est produit lors des efforts musculaires intenses. La hausse d'acide lactique dans les muscles est en général associée à une chute des performances. En neutralisant l'acide, la carnosine repousse l'arrivée de la fatigue. Cette particularité explique pourquoi il y a en moyenne deux à trois fois plus de carnosine dans les fibres musculaires de type II (les fibres de la force) que dans celles de type I (les fibres de l'endurance) (4.62).

Les muscles des hommes renferment environ 20 % plus de carnosine que ceux des femmes, mais la concentration de carnosine va s'adapter aux besoins de la personne. Les niveaux les plus faibles sont observés chez les sujets âgés et sédentaires, alors que les sportifs de force ont des concentrations qui sont le double de celles mesurées chez les personnes normales (4.63). Par contre les recherches animales suggèrent que les entraînements d'endurance pourraient prévenir la hausse de carnosine musculaire.

Outre la pratique sportive régulière, la concentration de carnosine semble se trouver sous le contrôle du niveau de bêta-alanine présent dans le sang. Il s'agirait du facteur limitant de la synthèse de carnosine, l'histidine ne paraissant pas jouer le rôle de goulot d'étranglement.

Une supplémentation de 4 à 6 g par jour en bêta-alanine durant un mois augmente les concentrations musculaires d'environ 65 % (4.64). Une hausse similaire est obtenue grâce à la prise de 10 à 16 g de carnosine pendant un mois. Par comparaison, la viande de bœuf qui est relativement riche en carnosine n'en apporte que 124 mg par 100 g. Il semble que la carnosine soit dégradée en bêta-alanine et en histidine lors de la digestion, puis reconstituée une fois dans les muscles. Ceci rappelle beaucoup le comportement de la créatine dont la concentration s'accroît avec la pratique sportive ou la supplémentation. Ce que les recherches ne montrent pas encore est si l'accroissement de la concentration de carnosine dans les muscles se traduit par une augmentation du volume musculaire comme c'est le cas avec la créatine.

Les principales recherches tendent à montrer que la carnosine pourrait accroître la force/endurance c'est à dire les efforts maximaux qui se prolongent au-delà de 10 à 15 secondes (4.65), bien que toutes les recherches ne semblent pas le confirmer (4.66). Il est aussi suggéré que la carnosine pourrait potentialiser les effets de la caféine sur la force de contraction des muscles. Cette thèse reste cependant à évaluer.

Attention, le principal effet secondaire de la ca concerne l'apparition temporaire de picotements cutanée. Les personnes souffrant d'allergies doivent rester très prudentes face à son utilisation.

#### h) La L-tyrosine

Acide aminé qui sert de précurseurs à trois neurotransmetteurs très importants pour la performance: la dopamine, la noradrénaline et l'adrénaline. La fatigue musculaire est associée à une baisse de sécrétion de ces neurotransmetteurs. La prise de L-tyrosine pourrait-elle ralentir cette baisse et donc améliorer la performance? Cette hypothèse ne se vérifie pas chez les sportifs (4.67). Ces derniers ont reçu une prise orale de 150 mg de tyrosine par kg de poids corporel, 30 minutes avant une série d'épreuves physiques. En deux heures, le niveau sanguin de tyrosine est plus que multiplié par trois, mais aucune des performances réalisées sous

tyrosine ne s'avère supérieure à ce qui est obtenu sous placebo. Par contre, la tyrosine pourrait se montrer utile chez le sportif qui est surentraîné. Cette fatigue chronique est associée à une baisse du niveau de noradrénaline cérébrale. La tyrosine pourrait aider le sportif à remonter son niveau des neurotransmetteurs à la normale, et donc récupérer un peu sa fatigue. Mais cette proposition n'est que spéculative et n'a jamais été démontrée.

I) supplémentation durant les efforts de force

### 1. Impact des glucides liquides sur la force

Tout comme les efforts d'endurance, les entraînements de force réclament beaucoup d'énergie. Les glucides représentent le carburant de choix du muscle durant ces exercices. Le glycogène musculaire est particulièrement important pour la répétition d'efforts intenses sans diminution trop conséquente de la performance. Outre un aspect de soutien énergétique, l'intervention nutritionnelle pendant l'effort doit également protéger le muscle du catabolisme. Ce catabolisme est à la fois direct du fait des tensions musculaires importantes qui vont endommager les fibres, et indirect à cause de l'augmentation de la sécrétion de facteurs cataboliques (cortisol, cytokines ...) qui dégradent les cellules musculaires.

Les boissons énergétiques sont-elles capables de remplir cette double tâche? Ce sont ces mêmes boissons que l'on utilise durant les sports d'endurance. Les recherches sont assez contradictoires en ce qui concerne la capacité des boissons énergétiques à améliorer les performances de force lorsqu'elles sont utilisées durant un entraînement. Dans le cas où la séance dure moins de soixante minutes, l'impact de ces boissons sur la performance risque d'être limité. Mais au-delà de soixante minutes, l'efficacité des boissons glucidiques a plus de chances de s'exprimer. La durée d'entraînement va donc s'avérer un facteur important de détermination de la nécessité d'utiliser ces boissons. Plus la durée va être conséquente, plus les muscles vont être obligés de puiser leur énergie ailleurs que dans leurs réserves en glycogène, ces dernières finissant par s'épuiser.

Même si certaines études ne détectent pas d'augmentation de force, elles montrent tout de même que la prise de glucides durant l'effort épargne le glycogène musculaire. Ainsi, la prise de glucides liquides avant et pendant un entraînement de 39 minutes par des hommes pratiquant la musculation, divise par deux l'abaissement des réserves de glycogène musculaire (4.68).



Avec le placebo, la baisse atteint 26 %, contre 13 % avec la boisson glucidique, ceci sans pour autant améliorer la performance durant cet entraînement. Toutefois, du fait de ce moindre épuisement des réserves énergétiques, il s'en suit une récupération post-effort plus facile et plus rapide. Cet élément est important pour les sportifs qui s'entraînent tous les jours, voire plusieurs fois par jour. Dans ce cas, l'effet énergétique des boissons va être différé.

## 2. Impact des glucides sur la masse musculaire

À terme, l'action d'une prise de glucides au cours de l'effort peut s'avérer surprenante. Pendant douze semaines, des hommes ont suivi un programme de musculation (4.69). Durant les 40 minutes de la séance, certains ont bu une solution de glucides dosée à 6 %, d'autres un placebo. La prise de glucides permet de fortement atténuer la hausse de cortisol qui a lieu durant l'effort. Sous placebo, cette hausse est de 82 %, alors qu'elle ne s'élève qu'à 4 % sous glucides. Si le gain de force ne semble pas amélioré, la supplémentation permet une hypertrophie des fibres musculaires de type I de 22 %, contre 3 % avec le placebo. En ce qui concerne la croissance des fibres de type II, elle est de 21 % sous glucides, contre une stagnation pour le placebo. La différence d'élévation du cortisol entre les deux groupes explique 74 % de l'écart de croissance des fibres de type I et 53 % de l'écart pour les fibres de type II.

Une seconde étude a prolongé ces découvertes. Des hommes non entraînés ont effectué un programme de musculation de douze semaines (4.70). Durant l'entraînement de 80 minutes (dont 60 minutes intenses), les sujets ont utilisé soit:

- \_ un placebo;
- \_ une boisson glucidique dosée à 6 % ; ~ 6 g d'acides aminés essentiels;
- \_ les glucides+ les acides aminés.

Avec le placebo, le niveau de cortisol double pendant l'entraînement. Grâce aux acides aminés, cette hausse est divisée par deux. Avec les glucides ou glucides+ acides aminés, cette élévation est abolie. Au fil des semaines, ces différentes réponses du cortisol s'atténuent, mais les tendances restent les mêmes dans tous les groupes. Ces fluctuations du cortisol ont des répercussions sur les marqueurs de catabolisme musculaire, et donc sur la récupération. Deux jours après une séance de musculation, ils s'élèvent de 52 % avec le placebo. Avec les glucides, la hausse n'est que de 5 %, et avec les acides aminés de 13 %. Grâce à la combinaison glucides+ acides aminés, il n'y a plus aucune hausse.

À terme, ces différences de sécrétion de cortisol et de dégradation musculaire vont avoir des conséquences importantes. Les fibres de type I s'hypertrophient de:

\_ 7 % avec le placebo; \_ 13 % avec les acides aminés; \_ 18 % avec les glucides; \_ 23 % avec la combinaison glucides+ acides aminés.

La masse des fibres de type II a augmenté de:

\_ 9 % avec le placebo; \_ 16 % avec les glucides; \_ 17 % avec les acides aminés; \_ 27 % avec la combinaison.

Les fibres IIb grossissent de: \_ 7 % avec le placebo; \_ 14 % avec les glucides. \_ 18 % avec les acides aminés; \_ 20 % avec la combinaison.

La prise de masse sèche s'élève à: \_ 2 kg sous placebo; \_ 3 kg sous glucides ou acides aminés; \_ 4 kg grâce à la combinaison.

En ce qui concerne la force musculaire, c'est grâce à la combinaison que celle-ci progresse le plus. Que cela soit dû aux glucides, aux acides aminés ou aux deux, la force augmente de semaine en semaine. Par contre, sous placebo, la force ne progresse plus à partir de la huitième semaine, ce qui pourrait signifier que les sujets commencent à ne plus tolérer la charge de travail. Les suppléments permettent un meilleur maintien de cette tolérance.

Il convient toutefois de remarquer que dans ces deux études, les sujets n'avaient rien mangé pendant les quatre heures précédant leur entraînement. Dans ce contexte, la moindre substance énergétique va s'avérer très bénéfique. Cette situation n'est pas très réaliste (ou en tout cas ne devrait pas l'être) pour un sportif sérieux. En ayant mangé abondamment dans les heures qui précèdent l'entraînement, les bénéfices de la supplémentation seront automatiquement minorés. Par contre, ils vont s'accroître avec l'augmentation de la durée de l'entraînement. Notez aussi que si vous venez de manger des protéines juste avant de vous entraîner, l'intérêt des acides aminés durant l'effort diminue d'autant. Par contre, l'importance de la prise de glucides pendant la musculation demeure.

## **Ces hormones qui régulent nos performances**

Les séances d'entraînement vont aussi avoir un impact très important sur tout notre axe endocrinien. En modulant son intensité, sa durée, sa fréquence d'effort, nous allons accroître les niveaux de diverses hormones tout en diminuant le taux de certaines autres. Afin

d'accélérer sa progression, aussi bien au niveau de l'endurance, de la force ou de la masse musculaire, l'objectif du sportif est de favoriser la sécrétion des hormones dites anabolisantes (testostérone, IGF, hormone de croissance, insuline ... ), tout en minimisant la production des facteurs de catabolisme (cortisol, PTH, myostatine, cytokines ... ). C'est en effet l'équilibre entre le niveau des hormones anabolisantes et catabolisantes qui va en grande partie déterminer la vitesse de récupération du corps. Lorsque les hormones anabolisantes l'emportent, la récupération est plus rapide et la progression d'une séance à l'autre plus importante. Au contraire, lorsque les hormones catabolisantes prédominent, la récupération est lente et le surentraînement risque de s'installer.

## LES BOOSTERS HORMONAUX

A priori, lorsqu'on entend parler de ce concept de modulation hormonale, il est légitime de rester sur ses gardes, mais il faut comprendre que toute notre vie n'est qu'une modulation plus ou moins consciente de notre environnement hormonal. Par exemple, lorsque nous mangeons, nous provoquons des hausses du niveau d'insuline. Au contraire, lorsque nous ne mangeons pas, nous allons induire une raréfaction d'insuline. De même, le fait de dormir ou de nous tenir éveillés va influencer notre sécrétion endocrinienne.

### a) Les hormones anabolisantes

Existe-t-il des boosters de testostérone?

La testostérone est une hormone anabolisante que nous produisons naturellement en quantités variables. Plus nous allons en produire, plus notre performance (aussi bien de force que d'endurance) sera importante. Elle aide aussi à récupérer. La testostérone, c'est l'hormone qui donne du muscle! Beaucoup de suppléments se proposent d'optimiser notre sécrétion naturelle de testostérone. Les boosters qui nous sont proposés sont surtout des plantes (comme le Tribulus ou la maca) dont l'efficacité tient plus du mythe que de la réalité. Le ZMA a connu une certaine popularité. Il s'agit d'un mélange de 30 mg d'aspartate de zinc et 450 mg d'aspartate de magnésium avec 10 mg de vitamine B6. L'appellation ZMA est une marque déposée que de nombreux vendeurs de suppléments ont reprise de manière plus ou moins légale.

La première étude concernant le ZMA a été financée par son créateur. C'est elle qui a été utilisée afin de faire décoller les ventes. (5.1) Brilla a examiné l'action du ZMA chez des

footballeurs américains durant une période d'entraînement de huit semaines. Le niveau de zinc plasmatique a augmenté de 29 % avec le ZMA, contre une baisse de 4 % dans le groupe placebo. Le magnésium a augmenté de 6 % sous ZMA, contre une baisse de 9 % pour le placebo. Grâce au ZMA, le niveau de testostérone a augmenté de 33 %, contre une baisse de 10 % dans le groupe placebo. Le niveau d'IGF-1 augmente de 3 % avec le ZMA, alors qu'il diminue de 21 % avec le placebo. La force explosive a progressé deux fois plus vite avec le ZMA (+ 18 %) qu'avec le placebo(+ 9 %).

Ces résultats sont surprenants, surtout en ce qui concerne la hausse du niveau de testostérone. Ils ne sont pas confirmés par (5.2) Wilborn. Pendant 8 semaines, des hommes pratiquant la musculation de manière régulière ont reçu soit un placebo, soit le ZMA. Excepté une légère baisse du niveau de différents marqueurs du catabolisme, aucun impact du ZMA n'est noté, que ce soit sur les niveaux de zinc, de magnésium, de testostérone, d'IGF, de force ou bien de masse musculaire. Ces observations paraissent plus conformes à la réalité. Au mieux, le ZMA est une forme coûteuse de zinc et de magnésium. Il peut se montrer utile chez les sportifs ayant des niveaux bas d'un ou de ces deux minéraux, mais comme le conclut Wilborn, l'utilité du ZMA est extrêmement limitée.

L'ail ou les BCAA semblent plus efficaces, mais leur portée est relativement limitée. Récemment, les suppléments à base de D-aspartate (un acide aminé) sont devenus assez populaires afin d'accroître la sécrétion de testostérone. En effet, chez l'animal, la prise de D-aspartate augmente la production de testostérone (5.3). Les données humaines, surtout chez le sportif, manquent. Pourtant, l'étude (5.4) montre que suite à la prise quotidienne d'un booster sexuel à base de 60 mg de Pycnogenol® + 690 mg de L-arginine + 552 mg d'acide aspartique durant 8 semaines, le niveau de testostérone s'élève légèrement chez des hommes sédentaires. À part l'entraînement intensif, on ne peut pas dire qu'il existe vraiment de supplément naturel capable d'accroître significativement la sécrétion de testostérone!

L' androstènedione, supplément nutritionnel ou drogue dopante potentiellement dangereuse ?

Beaucoup de sportifs utilisent aujourd'hui en toute légalité un supplément «nutritionnel» appelé androsténédione, pensant ainsi stimuler la production de testostérone endogène qui leur permettrait de s'entraîner plus intensément, de synthétiser plus de masse musculaire, et de se remettre plus rapidement de leurs blessures. Présente naturellement dans la viande et certains extraits de plantes, l'androstènedione est proposée sur Internet comme un «

métabolite qui n'est qu'un pas de plus vers la synthèse de «testostérone». La forme la plus couramment disponible est un chewing-gum qui contient de l'androstènedione et une pastille de stéroïde qui se dissout sous la langue.

L'androstènedione, produit intermédiaire ou précurseur hormonal situé entre la DHEA et la testostérone, aide le foie à synthétiser d'autres hormones stéroïdes biologiquement actives. Rares sont les résultats scientifiques qui confirment l'efficacité de ce supplément ou ses qualités anaboliques.

Les lipides alimentaires modifient le milieu hormonal

Les lipides apportés par l'alimentation peuvent moduler, au repos, l'homéostasie neuroendocrinienne et modifier ainsi la synthèse des tissus et la réponse à l'entraînement. Des recherches récentes ont évalué les effets d'un exercice en résistance très intense sur la concentration plasmatique en testostérone. En accord avec des études précédentes, la concentration en testostérone augmentait de manière significative 5 minutes après un effort. Cependant, et de façon plus étonnante, cette étude a aussi mis en évidence une relation étroite entre la composition en nutriments de l'alimentation habituelle d'un individu et les concentrations plasmatiques en testostérone au repos.

la quantité et la nature des macronutriments (protéines, lipides, acides gras saturés, acides gras mono-insaturés, rapport acides gras polyinsaturés/acides gras saturés et rapport protéines/glucides) sont corrélés avec la concentration en testostérone avant l'exercice. Le niveau dans l'alimentation des lipides et des acides gras saturés et mono-insaturés influence la concentration en testostérone au repos. Un faible niveau de chacun de ces constituants alimentaires est lié, au repos, à une faible concentration en testostérone. Ces résultats sont en accord avec des études précédentes qui avaient montré qu'une alimentation pauvre en lipide (-20% de lipides) entraîne une concentration plus faible en testostérone qu'une alimentation plus riche en lipides.

Il est intéressant de noter une corrélation négative entre le pourcentage de protéines dans l'alimentation et la concentration en testostérone au repos (une alimentation plus riche en protéines est liée à une concentration plus faible en testostérone). Dans la mesure où de nombreux sportifs entraînés en résistance consomment de grandes quantités de protéines, les conséquences de cette corrélation sur l'entraînement physique restent inconnues. Si une consommation réduite de lipides diminue les concentrations en testostérone de repos, alors les individus consommant des aliments pauvres en graisses (comme les végétariens, et de

nombreux danseurs, gymnastes ou lutteurs) pourraient présenter une réponse plus faible à l'entraînement. Par ailleurs, un changement d'alimentation peut être bénéfique à des sportifs dont la concentration plasmatique en testostérone a été réduite par un surentraînement. Quelle que soit la véracité de ces faits, ils devront être vérifiés dans de prochaines recherches qui évalueront les effets de la modification de la composition de l'alimentation sur la balance hormonale et la réponse à l'entraînement.

#### Les boosters d'hormone de croissance

L'hormone de croissance ou GH est une hormone peptidique très particulière qui possède une action anti-graisse indéniable. Dans un premier temps, elle mobilise les molécules de graisse du tissu adipeux, et dans un second temps, elle va aider les muscles et le foie à convertir ces graisses en énergie. Par contre, sur le plan musculaire, son action est plus controversée. Dans un contexte alimentaire abondant, la GH favorise la prise de muscle, mais elle perd cette propriété anabolisante en cas de restriction alimentaire. Les principaux boosters sont les acides aminés comme l'arginine, la glutamine et les BCAA. Cependant, le fait que leurs actions potentiellement bénéfiques s'expliquent par la hausse de GH qu'ils procurent reste douteux.

#### Les boosters d'IGF

L'action anabolique de la GH pourrait s'expliquer par sa capacité à accroître les niveaux d'IGF (Insulin-like Growth Factor) dans le foie et dans les muscles. L'IGF est l'une des hormones les plus anaboliques, sinon la plus anabolique que nous produisons. Une alimentation hyperprotéinée favorise en général la sécrétion d'IGF. Chez des hommes et des femmes jeunes suivant un programme régulier de musculation et de cardio, une augmentation plus importante du niveau d'IGF-1 est notée lorsqu'ils consomment 2,2 g de protéines par kg de poids corporel, au lieu d'1,1 g (5.5). La créatine pourrait aussi agir comme régulateur de l'IGF musculaire.

(5.6) Hurson montre que chez des personnes âgées, la prise de 17 g d'arginine (sous forme d'aspartate d'arginine) durant quatorze jours, augmente le niveau d'IGF-1 et la rétention d'azote (ce qui témoigne d'une accumulation de masse musculaire). Chez des femmes, la prise de 80 mg de phytoœstrogènes végétaux durant une semaine élève les niveaux d'IGF-1 et d'IGFBP-3 (5.7).

Les boosters de monoxyde d'azote (ou NO)

Le monoxyde d'azote est un gaz souvent désigné par l'acronyme NO pour Nitric Oxide en anglais; il est aussi appelé « oxyde nitrique ». S'il n'est pas une hormone, le NO va avoir des effets proches de ceux des hormones. Sa durée de vie n'est que de quelques secondes, ce qui implique que nos cellules, en particulier nos muscles, doivent constamment en synthétiser. Sa découverte récente chez l'homme, et en particulier dans les muscles, explique l'existence de recherches très contradictoires concernant son action. Si l'on tient compte des recherches animales ainsi qu'humaines, voici les principaux effets du NO sur les muscles: Actions positives du NO pour le sportif

\_ Dans un muscle au repos, l'inhibition de la production de NO diminue d'environ 15 % la vitesse de synthèse des protéines. Par contre, l'accroissement de la production de NO n'augmente l'anabolisme que de manière très marginale.

\_ Lorsqu'un muscle est stimulé par un effort, la réponse hypertrophique est divisée par deux si la production de NO est inhibée.

\_ lorsqu'un muscle a été fortement sollicité, le NO participe à l'activation des cellules souches qui réparent les fibres endommagées.

\_ Le NO contribue à déclencher la production de facteur de croissance hépatocytaire (ou HGF, pour Hepatocyte Growth Factor) une hormone qui favorise la transformation de cellules souches en fibres musculaires.

\_ Suite à une immobilisation musculaire prolongée, le NO accélère la récupération musculaire.

\_ Le NO pourrait réduire l'incidence de la protéinurie.

\_ Sur un tendon endommagé, l'inhibition de NO retarde la régénération tissulaire alors que son activation l'accélère.

\_ La principale action du NO est de relaxer les muscles lisses qui enserrant les vaisseaux sanguins. Cela va faciliter la circulation sanguine, et donc l'oxygénation des muscles. Cette action vasodilatatrice trouve aussi des applications pour lutter contre les troubles de l'érection. La fameuse petite pilule bleue n'est autre qu'un booster pharmaceutique de NO.

\_ L'adaptation vasculaire long terme du sportif va être retardée par une inhibition de la production de NO.

## Actions très controversées du NO

\_ Certaines études humaines soulignent un accroissement de la force et de l'endurance suite à une hausse artificielle de la production de NO. D'autres études montrent exactement le contraire.

\_ Suite à une ischémie tissulaire (manque temporaire d'oxygène du fait d'une trop faible irrigation sanguine), le NO pourrait protéger les fibres musculaires du catabolisme. D'autres études montrent, au contraire, que le NO participe aux dommages cellulaires.

\_ Le NO pourrait faciliter ou inhiber l'utilisation de l'énergie graisseuse suivant les études. Le NO va donc aider à réduire l'adiposité ou l'augmenter, suivant les auteurs.

## Actions destructrices du NO

\_ Le NO est un radical libre; il va donc s'attaquer aux tissus créant un stress oxydatif. Ce qui reste incertain est pourquoi le NO favorise la protection ou la survie de la cellule à certaines occasions, alors qu'il peut aller jusqu'à tuer cette même cellule dans d'autres cas.

\_ L'action catabolique du NO est parfois recherchée, car certaines cellules immunitaires se servent du NO pour neutraliser des agents pathogènes. Ainsi, une baisse des capacités de production du NO, suite à un effort prolongé, va participer à la réduction temporaire d'efficacité du système immunitaire

\_ Le NO pourrait favoriser l'apparition des crampes et des courbatures.

Comme tous les agents qui régulent la vie de nos cellules, nous voyons que le rôle du NO est très complexe. Des sites de production très variés régulant de manière très subtile la zone où le NO va agir pourrait expliquer ces effets paradoxaux. Le principal booster de NO, c'est l'arginine. Avec 6 g d'arginine, (5.8) Alvares note une meilleure congestion musculaire chez les utilisateurs entre deux séries d'exercices de musculation.

## Les boosters de NO, exemple d'une dérive

Depuis leur apparition, les boosters de NO sont devenus l'un des suppléments les plus populaires à prendre avant l'entraînement. En bodybuilding, tout le monde aime ressentir une congestion musculaire plus intense; cela donne l'impression que l'on s'entraîne bien, même si ce n'est pas le cas. Pour différencier leur produit des marques concurrentes, certains vendeurs ont combiné leur booster de NO avec un booster énergétique comme la caféine. Devant le succès grandissant de cette combinaison de stimulants sont nés des boosters de plus en plus



stupéfiants, dans tous les sens du terme. C'est ainsi qu'est réapparu une ancienne molécule, la DMAA (diméthylamylamine).

On nous a expliqué que ce décongestionnant était issu d'huile de géranium et qu'il était donc naturel. Les analyses chromatographiques, elles, disent le contraire; elles révèlent qu'il n'y a pas de DMAA dans le géranium et que la DMAA des « boosters de NO » était toujours d'origine chimique et non naturelle (5.9).

Après que plusieurs incidents vasculaires (il s'agit d'un puissant vasoconstricteur) ont été imputés à la DMAA, celle-ci a fini par être interdite dans le monde entier (5.10). Sans compter que son utilisation conduisait à un test positif lors d'un contrôle antidopage (5.11).

### Le retour en grâce de la betterave

Des légumes comme la betterave ou les épinards absorbent les nitrates de la terre, terre elle-même enrichie en nitrate par les engrais. Ces nitrates des légumes vont servir de précurseur de NO dans notre corps. C'est ainsi que de plus en plus d'études montrent que la prise de jus de betterave permet d'augmenter l'endurance (5.12). Nous nous trouvons encore face à une question éthique. Si le fait de manger des betteraves paraît anodin, l'ingestion de doses massives de nitrate ne l'est pas, en particulier pour la santé. Les boosters de NO sont, sans aucun doute, directement et indirectement le domaine le plus controversé en matière de nutrition sportive. Il convient également de mieux évaluer le ratio bénéfices/ risques de tous ces boosters présumés de NO.

### Les boosters d'insuline

L'insuline est la principale hormone chargée du stockage énergétique. Sauf immédiatement après un effort, le sportif n'a pas intérêt à stimuler de manière trop importante sa sécrétion d'insuline, car si cette hormone possède des effets anabolisants, ces derniers sont surtout visibles au niveau du tissu graisseux plus que dans les muscles.

la hausse du niveau d'insuline juste après un effort va favoriser le restockage du glycogène. Pourtant, les études effectuées avec les glucides de masse moléculaire élevée nous montrent que l'on peut doubler la vitesse de resynthèse du glycogène sans pour autant devoir augmenter le niveau d'insuline au-delà de ce qui est fait avec les glucides classiques (5.13). Cette hormone n'est donc pas la seule régulatrice du glycogène et l'on peut se passer de sa surabondance.

Le sulfate de vanadium est un minéral qui mime certains des effets de l'insuline, en particulier sur les muscles. En théorie, le vanadium peut donc accélérer la récupération énergétique des muscles après un effort, mais, contrairement à ce que l'on aurait pu attendre, il n'agit pas au niveau des acides aminés ni au niveau de la vitesse de la synthèse des protéines musculaires. Ceci explique peut-être son manque d'efficacité réelle chez le sportif. Au contraire, la prise quotidienne de 0,5 mg de sulfate de vanadium par kg de poids de corps en conjonction avec un programme de musculation de douze semaines induit des effets troublants (5.14). Dans un premier temps, le vanadium semble promouvoir la prise de graisse. Au lieu de diminuer, le niveau de sucre dans le sang augmente de 10 % malgré une hausse du niveau d'insuline. Ceci suggère qu'au lieu d'augmenter la sensibilité du muscle à cette hormone, le vanadium l'aurait diminué. Chez 20 % des utilisateurs, il est associé à une fatigue anormale durant et après l'entraînement. Au vu de son potentiel toxique, ainsi qu'au fait que ce minéral n'accroît pas plus le niveau de masse musculaire qu'un placebo, nous déconseillons son utilisation.

Les autres principaux boosters d'insuline sont les boissons énergétiques, surtout lorsqu'elles sont couplées avec des protéines comme la whey, les BCAA, le fenugrec

Attention aux suppléments hypoglycémiantes : utilisés avant un entraînement le but d'un supplément est d'accroître la performance . C'est pourquoi il faut éviter les substances hypoglycémiantes si nécessaire. Celle ci empêche le bon déroulement de l'entraînement.

Les chances de faire une hypoglycémie augmente fortement en suivant un régime faible en calories. Voici les suppléments hypoglycémiantes:

\_les glucides liquides surtout en grandes quantité et pris brusquement, mieux vaut les boire par petites gorgées pour étaler la prise dans le temps.

\_la whey

\_le ribose

\_la carnitine

\_les BCAA et l'arginine élèvent la sécrétion d'insuline.

\_la créatine (mais moins que les autres, peut être prise seule)

Dans une étude menée par (5.15) Calbet, les effets de boissons contenant 18g de whey + 25g de glucose ont été testés sur 6 personnes jeunes et en bonne santé. Une heure après la prise, 4 sujets ont frôlé l'hypoglycémie, les 2 autres ont fait une hypoglycémie passagère sans s'en

apercevoir. C'est le piège des hypoglycémies induites par les protéines, elles passent inaperçues mais se remarquent par le manque d'énergie et d'entrain à l'entraînement.

b) Les hormones catabolisantes

Les inhibiteurs du cortisol : la glutamine et la phosphatidylsérine

L'hypothalamus sécrète un facteur corticotrope (corticotrophin-releasing factor: CRF) en réponse à un stress émotionnel, une lésion, une infection, une opération chirurgicale ou un épuisement physique. En retour, ce facteur corticotrope stimule la sécrétion par l'hypophyse antérieure de l'hormone adrénocorticotrope (ACTH), qui entraîne la libération par la glande corticosurrénale de l'hormone glucocorticoïde, le cortisol (hydrocortisone). Le cortisol diminue le transport intracellulaire des acides aminés; cette action anti-anabolisante stimule le catabolisme des protéines en acides aminés, dans toutes les cellules à l'exception des cellules hépatiques. Les acides aminés « libérés » sont acheminés vers le foie via la circulation sanguine pour servir à la synthèse de glucose (néoglucogénèse) à des fins énergétiques. Le cortisol joue aussi un rôle d'antagoniste de l'insuline en inhibant l'entrée cellulaire du glucose ainsi que son oxydation.

Des concentrations sériques élevées de cortisol sur une longue durée (correspondant habituellement à la prise thérapeutique de doses exogènes supraphysiologiques de médicaments à base de glucocorticoïde) conduisent finalement à un catabolisme protéique excessif, à une atrophie des tissus et à une balance azotée négative. L'effet catabolique potentiel du cortisol exogène en réponse à un stress physique régulier a convaincu de nombreux culturistes, ainsi que d'autres sportifs de force et de puissance, à consommer des suppléments de composés antagonistes au cortisol croyant lutter ainsi contre la libération normale de cortisol par l'organisme. Certains pensent qu'en réduisant l'élévation normale de cortisol consécutive à un exercice physique chez des individus sains et ayant une forme physique excellente, le développement musculaire augmenterait à la suite d'un entraînement en résistance (en atténuant le catabolisme, la synthèse du tissu musculaire se déroulerait sans entrave durant la récupération).

L'un de ses mécanismes d'action est d'accroître les niveaux de myostatine. (5.16) Bird montre que chez des hommes sédentaires jeunes, une séance de musculation de 60 minutes double le niveau de cortisol. La prise d'une boisson glucidique au cours de l'effort permet d'atténuer

cette hausse d'environ 25 %. La phosphatidylsérine et la vitamine C peuvent aussi réduire l'élévation de cortisol qui apparaît durant un effort. Reste à savoir si la performance va s'en trouver améliorée. Pour certains auteurs, la caféine permet de réduire la sécrétion de cortisol à l'entraînement (5.17). Pour d'autres, au contraire, la caféine amplifie la synthèse du cortisol durant un effort (5.18). Cependant, ces deux auteurs sont d'accord pour montrer que l'augmentation de l'intensité de l'entraînement induit par la caféine résulte en un surcroît de production de testostérone.

#### a) La glutamine

La glutamine, acide aminé non essentiel, possède de nombreuses fonctions régulatrices dans l'organisme, parmi lesquelles se trouve un effet anti-catabolique et l'augmentation de la synthèse des protéines. La raison de l'utilisation de glutamine comme aide ergogénique provient de données révélant que la supplémentation en glutamine s'oppose effectivement à la diminution de la synthèse protéique et à l'atrophie musculaire consécutifs à l'utilisation répétée de glucocorticoïdes. Dans une étude menée sur des rates, l'administration durant 7 jours d'un supplément de glutamine atténue la répression de la synthèse de myosine (protéine contractile musculaire) et réduit l'atrophie du muscle squelettique consécutive à l'administration chronique de glucocorticoïdes. Cependant, aucune recherche n'a été réalisée sur l'efficacité et les avantages d'un excès de glutamine sur la modification de l'environnement hormonal normal et sur la réponse à l'entraînement chez des individus en bonne santé. Aussi, une quelconque réponse objective concernant la supplémentation en glutamine dans un but ergogénique ne pourra être donnée qu'à la lumière de résultats d'études rigoureuses.

De manière intéressante, des données récentes indiquent que l'administration de glutamine dans le but d'augmenter sa disponibilité après un exercice favorise chez l'homme la synthèse de glycogène dans le muscle durant la récupération. L'application pratique de ces découvertes concernant l'effet de la supplémentation orale de glutamine sur l'amélioration des réserves glycogéniques après un exercice ou l'augmentation des réserves glycogéniques durant la période qui précède l'exercice nécessite des recherches ultérieures.

#### b) La phosphatidylsérine

La phosphatidylsérine (PS) est un glycérophospholipide appartenant à la famille des lipides naturels qui comprend les composants structuraux des membranes biologiques, plus

particulièrement la face interne de la membrane plasmique qui entoure la cellule. On s'interroge sur le fait que la PS, à travers la modulation qu'elle peut exercer sur la fonction de la membrane cellulaire (nombre et affinité des sites récepteurs membranaires), pourrait modifier la réponse neuroendocrinienne de l'organisme au stress. Dans une étude, 9 hommes sains ont reçu quotidiennement pendant 10 jours, par voie orale, 800 mg de PS dérivée de cortex cérébral bovin . Ensuite, ils ont effectué sur cycloergomètre 3 x 6 minutes d'exercice d'intensités croissantes afin de provoquer un stress physique. Comparativement à la condition placebo, le traitement à la PS a diminué de manière significative la libération d'ACTH et de cortisol sans affecter la libération d'hormone de croissance. Ces résultats ont confirmé les études plus anciennes réalisées par la même équipe où il avait été montré qu'une simple injection de PS s'opposait à l'activation par l'exercice de l'axe hypothalamo-hypophyso-médullosurrénalien. Il est bon de noter que la principale source de supplément en PS utilisée par les sportifs est représentée par la lécithine de soja,» alors que jusqu'à présent seuls les effets physiologiques de la PS dérivée du cortex cérébral bovin ont été mis en évidence. Des différences subtiles dans la structure chimique de ces deux formes de PS pourraient être à l'origine de variations dans l'action physiologique de ce composé, y compris de ses effets ergogéniques potentiels.

### Les inhibiteurs de myostatine

La myostatine est une hormone bloquant la croissance musculaire. En d'autres termes, elle est anti-anabolisante. Les animaux dont les muscles ne produisent pas de myostatine ont des mensurations exceptionnelles. À ce jour, on a identifié un seul humain ne produisant pas de myostatine. Il s'agissait d'un enfant de cinq ans qui possédait des muscles incroyablement développés pour son âge.

La myostatine représente un obstacle important pour le développement musculaire. Si nos muscles produisent de la myostatine, ils fabriquent aussi des substances capables de bloquer l'activité négative de cette hormone (la follistatine par exemple). Il existe également des bloqueurs pharmaceutiques capables de réduire l'action néfaste de la Myostatine. Dans ce contexte, nous pouvons nous attendre à ce que des« inhibiteurs» naturels soient commercialisés comme complément alimentaire.

Le principal représentant de cette catégorie est la *Cystoseira canariensis*. Il s'agit d'un extrait d'algue capable de s'accrocher aux récepteurs de myostatine sans les activer. Elle bloque ainsi l'accès de cette hormone à son récepteur (5.19). En théorie, la croissance musculaire du sportif devrait s'accélérer. (5.20) Willoughby a testé l'efficacité de ce bloqueur de myostatine durant douze semaines de musculation chez des hommes sédentaires. Il montre que le niveau de myostatine s'élève au fil des semaines. Il confirme aussi, qu'en tube à essai, la *Cystoseira canariensis* est bien capable de se coller aux récepteurs de myostatine. Mais malgré la prise quotidienne d'1,2 g de *Cystoseira canariensis*, la croissance musculaire, la prise de force et la perte de graisse ont été similaires avec l'algue et le placebo. La *Cystoseira canariensis* apparaît donc inefficace.

L'industrie du médicament sait que beaucoup de molécules qui semblent produire des miracles en tube à essai s'avèrent inefficaces dans la réalité. L'auteur de l'étude remarque que la *Cystoseira canariensis* paraît capable d'inactiver les inhibiteurs naturels de myostatine que produit notre corps. Les bienfaits de l'algue, s'ils existent, pourraient ainsi s'auto-annuler.

La prise de protéines va avoir un puissant impact sur les niveaux de myostatine. (5.21) Drummond note une baisse du taux de myostatine suite à l'ingestion de 10 g d'acides aminés essentiels chez des personnes sédentaires.

Dans une étude préliminaire, (5.22) Kühnke analyse l'impact du doublement de l'apport en protéines chez le sportif, le jour d'une séance de musculation. Cette hausse de l'apport protéique permet de prolonger la baisse du niveau de myostatine deux jours après l'effort par rapport au placebo.

Au contraire, (5.23) Hulmi montre une moindre diminution du niveau de myostatine suite à une séance de musculation du fait de la prise de protéines. L'impact des protéines sur la sécrétion de myostatine reste donc encore à préciser.

### Les inhibiteurs de PTH

La parathormone est surtout une hormone qui régule notre masse osseuse. On a longtemps pensé que l'exercice n'avait que peu d'influences sur sa sécrétion, mais l'amélioration des techniques de mesures de la PTH a permis de montrer que l'effort, aussi bien d'endurance que de force, allait accroître la sécrétion de PTH dans des proportions importantes. Or, la PTH tend à endommager nos muscles et à réduire leur contenu énergétique. En d'autres termes, elle va ralentir la vitesse de récupération et de progression. Elle tend aussi à nous faire accumuler

de la masse grasse. L'usage régulier de calcium et de magnésium prévient les fluctuations importantes de PTH qui sont associés aux entraînements.

#### Les inhibiteurs des cytokines

Les cytokines sont des cellules immunitaires produites durant et après l'effort. Leur surabondance va causer des dommages musculaires importants, tend à retarder la récupération et induit une perturbation immunitaire temporaire. La prise de glucides durant l'effort, ainsi que l'usage régulier de graisses de poisson (oméga 3) permet de limiter les dégâts que causent les cytokines.

### LES BOOSTERS D'ATP

Notre puissance musculaire dépend étroitement de la capacité de nos muscles à synthétiser efficacement son énergie intracellulaire: l'ATP (adénosine triphosphate). Chaque molécule d'ATP a une vie très courte, moins d'une minute, ainsi nos cellules doivent-elles constamment en synthétiser de nouvelles. Un homme au repos « consomme» environ 40 kg d'ATP par 24 heures.

Un effort intense produit une baisse immédiate du niveau d'ATP dans les muscles. Ces derniers devraient retrouver leur niveau d'ATP normal en quelques minutes, voire quelques dizaines de minutes. Pourtant, chez les personnes surentraînées, les niveaux d'ATP pourraient être durablement réduits par rapport à la normale. Ceci va mécaniquement entraver les processus de récupération et de régénération.

Une petite baisse du niveau d'ATP se traduit immédiatement par un déclin des processus anaboliques dans les muscles. L'objectif de cette diminution est d'économiser l'ATP car l'anabolisme est relativement coûteux en termes de consommation d'ATP. Un déclin du niveau d'ATP peut aussi favoriser le catabolisme musculaire. Les microtraumatismes musculaires s'avèrent une cause d'un niveau d'ATP qui reste bas dans les jours qui suivent un effort.

#### La créatine

La viande, la volaille et le poisson sont des produits riches en créatine: ils contiennent environ 4 à 5 g de créatine par kg de produit, alors que notre organisme n'en synthétise quotidiennement qu'un g environ. Ce composé organique azoté est synthétisé principalement

dans les reins, le foie et le pancréas à partir d'acides aminés non essentiels comme l'arginine, la glycine et la méthionine. De ce fait, des apports alimentaires adéquats en créatine sont importants. Étant donné que les aliments riches en créatine se rencontrent dans le règne animal, les végétariens sont pénalisés pour trouver des sources suffisantes en créatine exogène. Environ 95% de la totalité de la créatine de l'organisme se trouve dans les muscles squelettiques.

La créatine mono-hydratée, forme sous laquelle sont vendus les suppléments en créatine, est disponible en poudre, en cachet, en gélule ou sous forme liquide stabilisée. La consommation de doses relativement élevées (20 à 30 g par jour durant plus de 2 semaines) d'une suspension liquide de créatine mono-hydratée augmente de plus de 30 % les concentrations intramusculaires en créatine et en phosphocréatine libre. Ce niveau reste élevé durant plusieurs semaines, après quelques jours de supplémentation seulement.

### 1. Historique de la créatine

La créatine est probablement le supplément actuel le plus efficace pour la prise rapide de poids, de muscle et de force. Dès 1923, des expériences menées sur le chien montrent que la prise orale de créatine induit une rétention d'azote (marqueur qui reflète une accumulation de protéines musculaires), ainsi qu'une prise de poids (5.24). Cette dernière se résorbe progressivement après l'arrêt de la créatine.

En 1926, les bases de l'utilisation moderne de la créatine sont établies par Chanutin. Il montre que chez l'homme, la prise orale de 10 g de créatine durant une semaine est capable de saturer les réserves musculaires de créatine. Du fait de la prise de poids qui en découle, Chanutin conclut que la créatine possède une action anabolisante chez l'homme.

En 1975, Crim confirme que la prise orale de créatine chez des hommes jeunes favorise la rétention d'azote. Il montre aussi que la prise d'arginine + glycine (deux acides aminés qui servent de précurseurs à la créatine) favorise à la fois la synthèse de créatine et la rétention d'azote. Cette découverte montre que l'action d'un supplément de créatine peut être reproduite par la prise d'arginine et de glycine. Cela peut intéresser les sportifs ne désirant pas utiliser directement la créatine.

Dans le même temps, Ingwall (1974) démontrait les propriétés anabolisantes de la créatine sur des tissus musculaires en tube à essai. Ces travaux n'ont cependant pas été confirmés par



toutes les recherches. Plus récemment, une action stimulante de la créatine sur les cellules souches du muscle a été mise en évidence (5.25).

Comment la créatine régule elle la masse musculaire ?

La supplémentation en créatine s'accompagne souvent d'une augmentation de 0,5 à 2,4 kg de la masse corporelle indépendamment des modifications à court terme des concentrations en testostérone ou en cortisol.

Voici quelques-uns des mécanismes d'action connus qui expliquent le gain de masse musculaire suite à une prise régulière de créatine:

\_ Une fois dans le muscle, la créatine attire l'eau dans la cellule. C'est pour cela que certains attribuent le gain de poids induit par la créatine à de la simple rétention d'eau. Cette conclusion apparaît un peu rapide. D'autant plus que, comme nous le montre l'exemple de la glutamine, l'état d'hydratation de la cellule influence la vitesse de synthèse des protéines. Cette dernière est favorisée lorsque la cellule est bien hydratée.

\_ Elle favorise le stockage cellulaire du glycogène, une source d'énergie musculaire.

\_ Elle augmente la sécrétion d'IGF-1 (Insulin-like Growth Factor) et de MGF (Mechano Growth Factor), deux hormones anabolisantes produites au sein du muscle. Cette stimulation pourrait expliquer l'effet positif de la créatine sur les cellules souches du muscle.

\_ L'anabolisme musculaire a besoin de beaucoup d'ATP pour s'exprimer. Pendant un effort, lorsque le niveau énergétique de la cellule est bas, tout le processus ci anabolique est mis en veille. La créatine pourrait permettre de le réactiver de manière plus robuste que le repos et l'alimentation seuls.

\_ Elle protège la cellule musculaire de la dégradation, en autres, grâce à son action antioxydante.

\_ En augmentant la force du muscle, la créatine va permettre d'accroître l'intensité de l'entraînement et donc son efficacité.

\_ une augmentation de l'activité des cellules satellites musculaires (dont les rôles sont la réparation et la croissance des fibres musculaires) ;

\_ une diminution du catabolisme (marquée par une baisse sensible de l'oxydation de la leucine) ;

\_ une diminution du taux de myostatine, une protéine dont l'activité élevée bloque le développement musculaire

Des données récentes indiquent que le gain important de 2,4 kg du poids corporel consécutif à la supplémentation en créatine et à un entraînement en résistance est lié en partie à l'augmentation de la masse grasse et de la masse maigre (hormis la masse osseuse), et non pas à l'augmentation de l'eau corporelle totale .

### 3. Synergie entraînement/créatine

(5.26) Brannon a bien illustré la synergie qu'il existe entre l'entraînement musculaire et la créatine. Il a fait manger de la créatine ou un placebo à des rats durant quatre semaines.

Il a comparé le poids sec d'un muscle composé essentiellement de fibres rapides (muscle de la force) et d'un muscle de fibres lentes (muscle de l'endurance) avant et après la prise de créatine. En parallèle, certains rats suivaient un entraînement physique, alors que d'autres sont restés sédentaires. En ce qui concerne la circonférence du muscle de l'endurance, aucun effet de la créatine ou de l'exercice n'est noté. Par contre, les résultats sont différents sur les muscles de la force. La créatine seule n'a eu que très peu d'impact sur le poids sec de ce muscle; l'entraînement seul a accru le poids du muscle de 5 %. Une élévation de 10 % du poids est notée chez les rats sous créatine+ entraînement.

L'effet de l'entraînement et celui de la créatine se sont conjugués. Ces résultats montrent que les gains de masse musculaire ne sont pas induits par une simple rétention d'eau, puisque seule la partie sèche du muscle a été prise en compte. Cette synergie d'action se retrouve également au niveau de la performance physique. Ces résultats positifs ne doivent pas faire oublier que les fibres de l'endurance semblent peu sensibles aux effets de la créatine. Comme nous allons le voir, cette action discriminatoire sera, en partie, confirmée chez l'humain.

Chez des hommes non entraînés, la prise quotidienne de créatine (24 g pendant une semaine, puis 6 g durant quinze semaines) en plus d'un programme de musculation accroît le nombre des cellules satellites de 110 % en quatre semaines (5.27). Le même programme sous placebo ne va produire aucune action stimulante sur ces cellules souches. Ceci explique pourquoi le groupe placebo progresse rapidement en masse musculaire pendant quatre semaines, puis stagne durant le reste de l'étude. Le groupe créatine progresse autant que le groupe placebo(+

13 % de gain de circonférence des fibres musculaires) sur les quatre semaines. Mais l'accumulation des cellules satellites nouvelles lui permet de continuer à progresser tout au long des seize semaines du programme. Le manque de réserve des fibres musculaires en précurseur prévient la croissance à long terme du groupe placebo. La créatine produit donc une action de fond qui va permettre aux utilisateurs de soutenir une progression continue et moins erratique qu'un placebo.

#### 4. Tout le monde ne répond pas à la créatine

L'action de la créatine ne se manifeste de manière flagrante que lorsque l'élévation conjointe de créatine + phosphocréatine atteint au moins+ 20 millimoles par kg de muscle sec. La vitesse d'élévation de créatine/phosphocréatine va varier d'un individu à l'autre. Ce seuil est franchi en moins de cinq jours de supplémentation en créatine chez certains, mais pas chez tout le monde. Or, un grand nombre d'études concernant la créatine durent moins d'une semaine. Ceci explique probablement pourquoi des résultats si contradictoires sont affichés en ce qui concerne l'action court terme de la créatine.

Les femmes semblent moins sensibles à la créatine que les hommes (5.28). De même, la sensibilité des utilisateurs décline progressivement avec l'âge. Par exemple, après cinq jours d'utilisation à raison d'une prise quotidienne de 20 g de créatine, la hausse musculaire de phosphocréatine est en moyenne de 35 % chez des personnes de 24 ans, contre seulement 7 % pour des hommes de 70 ans (5.29).

Environ 25 à 30 % des utilisateurs sont insensibles aux effets de la créatine. (5.30) Syrotuik a cherché à déterminer le profil type des personnes qui répondent bien à la créatine, ainsi que celui des individus qui n'y sont pas sensibles. Après une charge quotidienne d'environ 20 g durant cinq jours, trois types de réponses semblent apparaître. Il y a un premier groupe d'utilisateurs complètement insensibles avec un niveau de créatine + phosphocréatine qui ne bouge quasiment pas, à +5 mmol par kg de muscle. Un second groupe semble lentement commencer à répondre avec un niveau qui monte de+ 15 mmol par kg. La barre des 20 mmol est loin d'être franchie. Un troisième groupe répond très bien avec une élévation qui atteint les 29 mmol.

L'analyse des différents sujets révèle que plus leurs muscles sont majoritairement composés de fibres de type I (fibres de l'endurance), moins la réponse à la créatine sera conséquente. Au

contraire, plus les muscles sont dotés de fibres de type II (fibres de la force), plus la créatine va produire d'effets. Les individus qui ont bien répondu sont aussi ceux qui étaient les plus musclés avant de débiter l'étude. La croissance de la taille des fibres II est dix à vingt fois plus importante chez les personnes qui ont bien réagi à la créatine que chez les sujets restés insensibles à ce supplément. Chez ces derniers, la croissance musculaire a été négligeable. Négligeable aussi leur gain de force aux cuisses durant ces cinq jours. Il n'est que de + 2 kg, alors que chez ceux qui ont bien répondu, il s'élève à + 25 kg. Par contre, aucun des trois groupes ne progresse sur la force du torse.

Nous en déduisons que le profil idéal pour bien répondre à la créatine est celui d'une personne plus faite pour les sports de force que pour les disciplines d'endurance. Cette personne est déjà plus musclée que la moyenne, et elle ne débute pas dans son activité sportive.

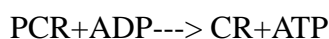
5) Comment la créatine procure-t-elle de la force ?

L'énergie intracellulaire indispensable à la contraction musculaire est principalement issue de l'ATP. Lorsque la phosphocréatine libère son phosphate afin d'assurer la resynthèse d'ATP, elle devient de la créatine. C'est pour cette raison que l'effort musculaire fait monter les niveaux de créatine et chuter ceux de phosphocréatine. Si le muscle manque de phosphocréatine, l'ADP va s'accumuler de manière importante. Les recherches ont clairement établi que l'ADP empêche les fibres de se contracter aussi fortement qu'elles le pourraient. Si l'ADP n'est pas retransformé rapidement en ATP, il s'avère un vecteur de fatigue. Les recherches médicales ont montré que durant un effort intense, les réserves musculaires de phosphocréatine diminuaient plus que le niveau d'ATP. Ceci a suggéré que sur le plan énergétique ce n'était pas l'ATP qui limite la force, mais plutôt la disparition quasi-totale de phosphocréatine. L'étude de (5.31) Hirvonen illustre très bien ce phénomène. Des sprinters entraînés ont couru le plus vite possible sur 400 m, c'est-à-dire pendant environ 50 secondes. Immédiatement après cet effort, le niveau d'ATP dans leur muscle de la cuisse avait diminué de 27%, et celui de phosphocréatine de 90 %. L'auteur en conclut que la fatigue survient non pas à cause d'un manque d'ATP, mais plutôt lorsque les stocks de phosphocréatine sont vidés. Il faut ensuite attendre plus de cinq minutes pour que le niveau de phosphocréatine remonte à ce qu'il était avant l'effort. Une récupération trop partielle de phosphocréatine constitue l'un des facteurs expliquant la baisse de performance qui suit un enchaînement rapide d'efforts intenses.

L'idéal serait bien évidemment de prendre de la phosphocréatine afin d'accroître les stocks musculaires de cette molécule. Malheureusement, utilisée par voie orale, la phosphocréatine

serait détruite durant la digestion. La solution est d'utiliser de la créatine à la place. Environ 66 % des stocks musculaires de créatine se retrouvent sous forme de phosphocréatine.

La créatine traverse le tractus digestif sans être digérée puis est absorbée par la muqueuse intestinale et passe dans la circulation sanguine. La quasi-totalité de la créatine consommée se retrouve dans le muscle squelettique (avec une concentration moyenne de 125 mmoles [sur une plage de 90 à 160 mmoles] par kg de muscle sec). La quantité de créatine libre est d'environ 40%, les 60% restants étant combinés avec du phosphate pour former de la phosphocréatine ou PCr. Les fibres musculaires rapides de type II stockent environ 4 à 6 fois plus de PCr que d'ATP. La PCr joue le rôle de « réservoir d'énergie » de la cellule. Elle assure en effet un apport rapide de liaisons phosphate riches en énergie nécessaires à la resynthèse de l'ATP (processus plus rapide que par glycogénolyse) lors de la réaction réversible catalysée par la créatine kinase:



La PCr joue aussi le rôle de « navette » de transport des phosphates intramusculaires riches en énergie entre la mitochondrie et les protéines qui permettent la contraction musculaire. Le maintien par transfert énergétique, grâce à la PCR, de niveaux sarcoplasmiques en ATP plus élevés qu'en ADP prend toute son importance lors d'efforts maximaux supérieurs à 10 secondes, qui exigent un niveau de resynthèse d'ATP élevé. La quantité d'énergie utilisée lors d'une activité brève et intense dépasse largement la quantité d'énergie libérée par la dégradation des macronutriments intracellulaires. L'amélioration de la capacité de transfert d'énergie par la PCr permet de s'affranchir d'une partie de l'énergie provenant de la glycolyse anaérobie, qui présente l'inconvénient de diminuer le pH en raison de la plus grande quantité d'ions hydrogène libérés et de l'accumulation d'acide lactique. Les quantités de PCr intramusculaire étant limitées, on peut raisonnablement penser que la moindre augmentation de la disponibilité en PCr devrait:

\_contribuer à accélérer le renouvellement de l'ATP pour maintenir la puissance durant un effort musculaire court; La créatine est susceptible d'accélérer la vitesse de synthèse d'ATP lors des phases de repos.

\_retarder l'épuisement de la PCr; En augmentant les stocks de phosphocréatine, l'arrivée de la fatigue est repoussée d'autant.

\_retarder la mise en œuvre excessive de la glycolyse anaérobie qui s'accompagne de la formation d'acide lactique;

\_faciliter la récupération après des séries répétées d'efforts brefs et intenses grâce à une resynthèse plus importante d'ATP et de PCr, permettant alors de produire une puissance plus élevée.

\_ La créatine réduit la vitesse de destruction de l'ATP lorsqu'un effort se répète. Le muscle économise son ATP sans que la force en soit négativement affectée.

\_ La disparition d'ADP sera favorisée.

Ces bénéfices de la créatine sont plus marqués lors d'efforts intenses se prolongeant au moins dix secondes, et se répétant plusieurs fois avec des temps de repos limités. Dans ce cas, on peut affirmer que, plus le muscle renferme de créatine, plus il sera performant.

## 6. Ampleur des bénéfices de la créatine

Les sportifs de force pensent que la supplémentation en créatine améliore la performance des exercices de force et de puissance, augmente l'endurance musculaire pour des efforts brefs et explosifs et permet d'augmenter la charge musculaire au cours de l'entraînement. Hormis pour les haltérophiles et les culturistes, l'amélioration de la capacité à réaliser des exercices en puissance anaérobie intéresserait également les sprinteurs, les nageurs et les cyclistes, de même que les sauteurs, les joueurs de football américain, les volleyeurs et les footballeurs. L'augmentation des concentrations intramusculaires en PCr devrait également améliorer l'intensité de l'entraînement chez n'importe quel sportif. La combinaison de la supplémentation et de l'entraînement physique a également amélioré la performance en course à pied d'intensité élevé; comparativement à la supplémentation seule ou à l'entraînement sans supplémentation.

Des suppléments oraux en créatine mono hydratée (20 à 25 g/jour) augmentent de manière significative le niveau de créatine musculaire et la performance lors d'exercices d'intensité élevée des efforts musculaires répétés et intenses en particulier. Dans une autre étude, les effets d'une dose de créatine de 30g prise quotidiennement pendant 6 jours par des coureurs à pied entraînés ont été évalués dans 2 situations distinctes: 4 x 300 m de course avec 4 minutes de récupération entre chaque répétition et 4 x 1000 m de course avec 3 minutes de récupération entre les répétitions. Comparativement à un traitement placebo, la

supplémentation en créatine a amélioré de manière significative les performances aux 2 types d'exercice avec un effet plus accentué lors des séries de 1000 m. La capacité anaérobie peut également être influencée par une supplémentation en créatine de 20g par jour pendant 4 jours lors de tests de Wingate de 3 x 30 secondes, réalisés sur cycloergomètre avec 5 minutes de récupération entre les répétitions.

La consommation de doses élevées en créatine aide à recharger le muscle en créatine à la suite d'un exercice éprouvant. Une telle «recharge» métabolique devrait faciliter la récupération de la capacité contractile du muscle après l'effort, permettant ainsi aux sportifs de soutenir des efforts répétés d'intensité élevée.

Il existe des dizaines d'études concernant la prise de muscle et de force sous créatine. Certaines études montrent des gains de muscles suite à la prise de créatine, d'autres pas. Cela s'explique en partie par le profil des sujets utilisés, le type d'effort fourni, le temps d'expérimentation ... Il serait fastidieux de citer toutes ces recherches. Afin de bien illustrer les effets que l'on est en droit d'espérer de l'usage de la créatine, une étude menée par (5.32) Volek nous paraît à la fois représentative et complète.

Des hommes jeunes pratiquant la musculation ont reçu soit de la créatine, soit un placebo durant douze semaines. Le protocole retenu pour l'utilisation de la créatine est le suivant:

- \_ Une semaine de « charge » à 25 g par jour,
- \_ suivie d'une dose de « maintenance » quotidienne de 5 g pour les onze semaines suivantes.

Les niveaux de créatine musculaire augmentent en moyenne de 22 % durant la semaine de charge; ils tendent à diminuer ensuite, s'établissant à + 10 % en fin d'étude. Il est probable que la charge ait réduit la production endogène de créatine ainsi que l'activité des canaux la transportant dans les muscles.

En douze semaines d'entraînement:

- \_ la prise de masse sèche s'est élevée à 4,3 kg sous créatine, contre 2,1 kg sous placebo;
- \_ les deux groupes gagnent près de 1 kg de graisse;
- \_ la prise de poids totale sous créatine dépasse les 5 kg, contre 3 kg sous placebo;
- \_ la taille des fibres de type I augmente de 35 % sous créatine, contre 11 % sous placebo;
- \_ les fibres Ila grossissent de 36 % sous créatine, contre 15 % sous placebo;

- \_ l'hypertrophie des fibres IIab s'élève à 35 % sous créatine, contre 6 % sous placebo ;
- \_ cette différence de croissance est pratiquement similaire pour les fibres IIb;
- \_ la créatine n'a pas eu d'effet sur la distribution des différents types de fibres au sein du muscle;
- \_ la force maximale des cuisses augmente de 34 kg sous créatine, contre 26 kg sous placebo;
- \_ la force du torse progresse de 22 kg sous créatine contre 15 kg sous placebo.

#### 7)Activité physique et niveau de créatine

95% de la créatine corporelle se trouvent dans nos muscles. Un muscle sec contient environ 125 mmol de créatine par kg. Ceci correspond à 120g de créatine chez une personne de 70 kg. Un sujet sédentaire doit renouveler quotidiennement environ 2 % de son stock de créatine, ce qui équivaut à plus ou moins 2 g. La moitié de ce besoin est directement couverte par la nourriture comme la viande rouge. Celle-ci apporte environ 1 g créatine pour 250 g. Le reste est issu de la synthèse corporelle effectuée à partir des trois acides aminés précurseurs (arginine, glycine et méthionine). Chez les individus ne consommant que peu de créatine et de précurseurs de créatine, comme les végétariens, les concentrations en créatine musculaire sont environ 10 % inférieures aux valeurs moyennes.

Chez les athlètes entraînés, les niveaux de créatine sont aussi très variables suivant la discipline sportive. Par rapport aux personnes sédentaires:

- \_ les coureurs de fond ont un niveau de créatine musculaire totale de 11 % inférieur;
- \_ les coureurs de distance moyenne de 6 % inférieur; \_ chez les sprinters, il est de 6 % supérieur;
- \_ chez les pistards(cycliste sur piste), il est de 15 % supérieur.

Même sans supplémentation, les muscles des sport de force se remplissent lentement de créatine. Mais une personne sédentaire peut faire grimper son taux de creatine musculaire au niveau de celui d'un pistard en 5 jours grâce à la prise quotidienne de 20 g de monohydrate de créatine.



## 8) Les sportifs ont-ils des besoins accrus en créatine?

S'il est admis que le sportif a besoin de manger plus, particulier des protéines, de dormir plus, qu'en est-il des besoins en créatine? Six éléments tendraient à montrer que les athlètes ont des besoins accrus en créatine:

\_ Les sportifs de force stockent plus de créatine dans les muscles que les autres. Le simple maintien à niveau de stock réclame un apport plus important en créatine.

\_ La masse musculaire de ces sportifs est supérieure, à celle d'une personne sédentaire; les besoins en créatine sont mécaniquement accrus.

\_ La pratique intensive du sport fait baisser les niveaux totaux de créatine: il est nécessaire de compenser cette sur-utilisation de créatine.

\_ Les sportifs d'endurance ont des concentrations de créatine qui se situent très en dessous de la normale. Ceci suggère des besoins accrus non compensés par l'alimentation. Sachant que la créatine peut accroître certains aspects de l'endurance.

\_ Pour que la supplémentation produise des effets flagrants, il faut induire une hausse musculaire minimum de créatine de 20 mmol. Ceci porte le niveau de créatine à 145 mmol par kg de muscle sec. Or, les muscles semblent capables de stocker au moins 160 mmol de créatine par kg. Même les pistards se situent en dessous de la zone plafond. Pour une performance optimale, il existe encore une marge que l'on peut combler en augmentant sa consommation de créatine.

\_ La disponibilité des précurseurs de créatine tend à chuter suite à des efforts intenses. Cette raréfaction risque d'entraver la synthèse endogène de créatine. Une compensation peut s'avérer nécessaire.

Une quantification de cette supposée augmentation des besoins reste tout de même à définir. En théorie, ces besoins pourraient être couverts par un apport plus conséquent en viande rouge ou en poisson, mais ceci n'est pas forcément une très bonne idée. Cela conduirait à absorber des quantités excessives de protéines et par ailleurs, le chauffage de la créatine du fait de la cuisson n'est pas souhaitable; ceci la détruit et peut donner naissance à des substances toxiques.

## 9. La créatine est-elle un supplément naturel?

la créatine dans la catégorie des compléments alimentaires naturels:

\_ La créatine est une molécule dérivée de trois acides aminés. Notre foie, nos reins et notre pancréas vont se servir de ces précurseurs pour la synthétiser.

\_ La créatine peut aussi venir directement de notre alimentation.

Pourtant, la créatine qui est en vente comme supplément est issue d'une réaction chimique. Elle est synthétisée suite au mélange de sarcosine et de cyanamide. Elle ne vient donc pas de la viande ou de la nourriture. En cela, elle rappelle la vitamine C dont la synthèse est parfois réalisée de manière chimique.

## 10. La créatine est-elle un produit dopant ou masquant le dopage?

Après délibération, le Comité International Olympique s'est refusé à inscrire la créatine sur la liste des produits dopants. Cette décision est tout à fait justifiée, car la créatine n'agit pas comme une hormone. Elle ne représente qu'une source d'énergie pour nos muscles. Par contre, on entend parler de la créatine comme un masquant pour les produits dopants. Qu'en est-il? Un produit masquant désigne une molécule qui permet à un athlète ayant utilisé un médicament interdit de le rendre indétectable lors d'une analyse d'urine. La créatine ne possède en aucun cas de tels effets. On a parlé de la créatine comme «masquant» du dopage lorsque certains athlètes dont les performances s'étaient mystérieusement améliorées avaient attribué cette progression fulgurante à la créatine. Le terme masquant est ici inapproprié. Si la créatine a été utilisée pour masquer la réalité, elle ne masque pas le dopage au sens scientifique du terme.

## 11. Effets secondaires de la créatine

Si l'on analyse les études scientifiques déjà publiées, la créatine ne semble pas induire d'effet secondaire notable chez les sujets en bonne santé (5.33).

Cependant, des rapports anecdotiques indiquent une association possible entre la supplémentation en créatine et l'apparition de crampes dans de nombreux muscles lors de compétitions ou d'entraînements longs en football américain. Cet effet proviendrait soit d'une

modification du métabolisme intracellulaire par des niveaux élevés en créatine libre et en PCr, soit d'une augmentation osmotique du volume cellulaire induite par une hydratation cellulaire plus importante, provoquée elle-même par une plus forte teneur en créatine des fibres musculaires.

## 12. La charge en créatine est-elle nécessaire?

Il est couramment recommandé de débiter l'utilisation de créatine par une charge qui consiste à ingérer quotidiennement une méga dose (20 à 25 g) de produit durant une semaine, suivie d'une phase d'entretien à apport plus modéré (3 à 5 g). Il s'agit d'un protocole souvent repris dans les études médicales ainsi que celui conseillé aux sportifs. (5.34). une mégadose de cinq à sept jours.

Parmi les questions d'ordre pratique que se posent les personnes désirant élever leur niveau en créatine intramusculaire on trouve l'importance et la durée de l'augmentation de créatine intramusculaire à la suite d'une supplémentation, la dose nécessaire pour maintenir un niveau croissant en créatine et le niveau de perte en créatine (appelé aussi «lessivage») après l'arrêt de la supplémentation. Pour apporter des réponses à ces interrogations, une étude a été menée sur 2 groupes d'hommes. Dans une première étude, 6 hommes ont consommé 20 g de créatine mono hydratée (environ 0,3 g par kg de poids corporel) durant 6 jours consécutifs, avant d'interrompre les prises de supplément. Des biopsies musculaires sont réalisées avant le début de l'expérience et aux 7<sup>ème</sup>, 21<sup>ème</sup> et 35<sup>ème</sup> jours. De la même façon, 9 hommes ont pris 20 g par jour de créatine mono hydratée pendant 6 jours consécutifs. Puis, au lieu d'arrêter la supplémentation, ils ont réduit les doses à 2 g par jour (environ 0,03 g par kg de poids corporel) pendant les 28 jours suivants. La concentration totale en créatine musculaire a augmenté d'environ 20% au bout de 6 jours. Si la supplémentation est interrompue, la teneur en créatine musculaire diminue progressivement et atteint la ligne de base en 35 jours. En revanche, la teneur musculaire en créatine s'est maintenue à un niveau élevé dans le groupe qui a continué à se supplémenter avec des apports réduits en créatine pendant plusieurs jours.

Pour les 2 groupes, l'augmentation de la teneur totale en créatine musculaire au cours des 6 premiers jours de supplémentation était d'environ 23 mmol/kg de muscle sec en moyenne, ce qui représente environ 20 g, 17% de la totalité de créatine consommée. De manière intéressante, la concentration musculaire totale en créatine augmente également de 20 % avec une supplémentation de 2 g par jour seulement. Cependant, cette augmentation est plus

progressive et a nécessité 28 jours pour se mettre en place contrairement aux 6 jours avec la supplémentation de 6 g de créatine.

Il faut, selon nous, attendre au moins deux semaines afin de véritablement ressentir tous les effets de la créatine sur la performance.

En arrêtant la prise au bout d'une semaine, on a toutes les chances de passer à côté de l'amélioration des performances qui se serait produite un peu plus tard.

### 13. Comment utiliser la créatine ?

Du fait d'une charge, les pertes urinaires de créatine sont très importantes, et la production interne risque d'être entravée. Il vaut mieux procéder de manière plus modérée, quitte à attendre un peu plus longtemps les bénéfices de la créatine. À terme, il n'y a probablement pas grand intérêt à dépasser les 3 à 5 g de créatine par jour.

Un autre point qui reste assez mal étudié est la durée optimale d'une prise de créatine. Comme suggéré précédemment, si les besoins du sportif sont accrus, la durée d'utilisation et le dosage de la créatine pourront évoluer en parallèle avec le volume de travail et l'intensité de l'effort.

Certaines études ont montré que la rétention de la créatine pourrait être favorisée lorsque celle-ci est utilisée après l'effort. Mais ce concept n'est pas universellement accepté. Il est préférable d'absorber la créatine au cours d'un repas, en particulier avec de la viande. Cette dernière pourrait contenir des substances capables d'améliorer sa rétention. Dans la mesure du possible, nous conseillons de fractionner au maximum son apport en créatine. Il nous paraît important d'éviter de tout prendre en une ou deux fois, afin de garantir une absorption maximale. Par contre, nous déconseillons d'utiliser la créatine juste avant un effort. Contrairement à des suppléments comme la caféine qui agit en quelques dizaines de minutes, l'action positive de la créatine est retardée. Du fait de sa légère action hypoglycémiant, la créatine pourrait accentuer la baisse du niveau de sucre qui survient durant l'effort. Il ne semble pas exister, à l'heure actuelle, de bénéfice justifiant l'utilisation de créatine avant, et encore moins pendant, l'entraînement.

### 14. la consommation des glucides améliorerait ma charge en créatine

Des travaux de recherche confirment maintenant une croyance des sportifs selon laquelle la consommation de créatine associée à des boissons sucrées augmenterait l'entrée et la mise en réserve de créatine dans le muscle squelettique. Durant 5 jours, des sujets ont consommé 4 fois par jour, soit un supplément de 5 g de créatine, soit un supplément de 5 g suivi, 30

minutes plus tard, de 93 g de sucre simple d'index glycémique élevé. Pour le groupe ayant reçu uniquement le supplément en créatine, il y a eu augmentation des niveaux de PCr musculaire (7,2 %), de créatine libre (13,5 %) et de créatine totale (20,7%). Cependant, les augmentations ont été plus importantes dans le groupe ayant reçu le supplément en créatine associé au sucre simple (14,7% pour la PCr musculaire, 18,1 % pour la créatine libre et 33 % pour la créatine totale). La simple supplémentation en créatine ne modifie pas la sécrétion d'insuline, tandis que l'ajout de sucre élève de manière importante la concentration plasmatique en insuline. Il est alors plus que probable que l'augmentation des réserves en créatine induite par les suppléments de créatine et de sucre est due à l'entrée insulino-dépendante du glucose dans le muscle squelettique, facilitant ainsi le transport de créatine dans les fibres musculaires.

#### 16. Ne pas consommer de caféine quand on utilise de la créatine

La caféine atténue l'effet ergogène de la créatine. Pour évaluer l'effet de l'ingestion de caféine avant un exercice sur les réserves intramusculaires de créatine et sur la performance lors d'un exercice d'intensité élevée, des sujets ont consommé pendant 6 jours de la créatine.

Les scientifiques ont tout d'abord pensé que la caféine, par son action sur le système sympathomimétique, faciliterait l'entrée et la capture de la créatine exogène par le muscle squelettique. Cependant, on n'observe aucune augmentation de la rétention de créatine. D'un point de vue pratique, les suppléments en caféine annulent totalement le moindre effet ergogénique de la charge musculaire en créatine. Ainsi, les individus qui désirent se « charger » en créatine doivent éliminer tous les aliments et toutes les boissons contenant de la caféine plusieurs jours avant une compétition.

Remarque :

La créatine est fortement déconseillée aux personnes traitées à la ciclosporine, la triméthoprime, la cimétidine, l'amikacine, la gentamicine, à la tobramycine ou à la probénécide ; aux femmes enceintes ou allaitantes et aux personnes atteintes de trouble bipolaire ou schizo-affectif (risque de virage maniaque).

#### 17. Pureté

De nombreuses formes différentes de créatine sont disponibles sur le marché. Seul le monohydrate de créatine a réellement été évalué scientifiquement.

Mises en garde sur la pureté de la créatine mono-hydratée en tant que supplément nutritionnel :

En raison de la large utilisation de la créatine mono· hydratée comme aide ergogénique, il est inquiétant de voir la prolifération de créatine de mauvaise qualité fabriquée en Chine ou aux États-Unis. Les acheteurs potentiels de produits à base de créatine devraient être attentifs au « Certificat d'analyse» sur lequel figure le nom du fabricant, le numéro et l'analyse du lot ainsi que la signature du fabricant.

Le ribose

Du ribose est présent en très faible quantité dans notre alimentation, par le biais de l'acide nucléique de la viande par exemple. Le « A » de l'acronyme ATP désigne une molécule d'adénosine. Or, l'adénosine est formée d'une molécule d'adénine et d'une autre de D-ribose. Cela suggère que le ribose joue un rôle dans la formation d'ATP.

L'utilisation sportive du ribose est assez récente, alors que ce sucre est administré depuis longtemps déjà afin de lutter contre les insuffisances cardiaques par exemple. Après une transplantation cardiaque, les chances de succès de la greffe sont nettement améliorées par le ribose. Si ce dernier n'était pas utilisé par les sportifs, c'était du fait de son prix. De nouvelles techniques d'extraction l'ont rendu plus abordable d'où son apparition comme supplément.

## 1. Ribose et ATP

Le sportif utilise le ribose afin d'accélérer la vitesse de synthèse de l'ATP suite à un effort intense et répétitif. Le ribose va aussi agir sur l'UTP. L'objectif est évidemment de gagner de la force, ou plutôt d'éviter d'en perdre trop, lorsque des efforts brefs et intenses sont répétés avec un temps de repos court. Le profil idéal de l'utilisateur du ribose est le sportif pratiquant la musculation ou celui enchaînant des sprints.

Sur un muscle au repos, le ribose ne va produire que peu d'effets. Par contre, il va accélérer la vitesse de re-synthèse de l'ATP intracellulaire lorsque le muscle aura été durement sollicité par un effort. Il pourrait aussi accroître le niveau d'ATP extracellulaire. Cet ATP agit comme un neuro-modulateur augmentant la force et diminuant la fatigue cérébrale. Il produit également un effet vasodilatateur.

## 2. Impact du ribose sur le sportif

L'étude qui décrit le mieux les effets que l'on peut attendre du ribose. (5.35). Durant 4 semaines, des hommes jeunes pratiquant la musculation ont reçu soit un placebo, soit 10 g de ribose en plus de leur entraînement. Leur force maximale au développé couché progresse de 2,2 kg avec le placebo contre 3,6 kg avec le ribose. Le nombre cumulé de répétitions sur dix séries de développé couché effectué avec l'équivalent du poids corporel augmente de 19 % avec le ribose, contre 12 % avec le placebo. Malgré cette prise de force, aucun gain de muscle n'est noté grâce au ribose.

Le ribose est souvent décrit comme étant un supplément de récupération. Il convient de s'entendre sur ce terme ambigu. Pris avant un effort intense et répétitif, le ribose va réduire la perte de force qui se produit au fil des séries. Par contre, il ne nous semble pas que le ribose accélère la récupération entre deux entraînements.

## 3. Des réponses variées

Les études montrent qu'il existe un grand nombre d'individus qui ne répondent pas bien au ribose, surtout si celui-ci est utilisé à petite dose (1 g par jour). La posologie a besoin d'atteindre une certaine quantité afin de diminuer le nombre de personnes insensibles à cette molécule. Les bénéfices du ribose semblent augmenter parallèlement au volume de travail de l'athlète.

## 4. Effets secondaires du ribose

L'un des gros problèmes du ribose est qu'il est fortement hypoglycémiant. S'il est pris à jeun ou que l'on a très peu mangé, il peut s'en suivre une perte de force, une difficulté à se concentrer, voire des maux de tête dus au manque de carburant dans le cerveau. Le ribose doit être utilisé alors qu'on a fait le plein de glucides au préalable. Ne vous allongez pas non plus après avoir pris le ribose en attendant l'entraînement. Restez actif! Il est de la plus haute importance de commencer à utiliser le ribose de manière progressive. Ne débutez pas en prenant 10 g du jour au lendemain. Apprenez à bien maîtriser ce supplément avant.

Le ribose est souvent combiné avec la créatine.

Cette dernière étant légèrement hypoglycémiante et ne me paraît pas utile juste avant un effort, je conseille d'éviter ces combinaisons.

## 5. Comment utiliser le ribose?

Il me semble important d'utiliser le ribose dans l'heure qui précède un entraînement ou une compétition. Par contre, inutile d'en reprendre après un entraînement comme cela est souvent préconisé. Au lieu d'accélérer la récupération, il pourrait la ralentir en accentuant l'incidence des courbatures. Le fait d'avoir pris le ribose après l'entraînement explique probablement une partie de son manque d'effet signalé par certaines études. L'autre problème est que dans certaines recherches, la posologie du ribose est trop faible pour exercer une action quantifiable.

Le ribose est un produit cher parfait pour les hauts volumes d'entraînement.

## L'UTP

L'acide Uridine-5-TriPhosphorique est un supplément tombé en désuétude, mais contrairement à l'ATP ou l'inosine, cet oubli est injustifié. Si l'UTP n'est pas aussi efficace que l'ATP intracellulaire en ce qui concerne l'apport énergétique, il joue cependant un rôle important pour la contraction musculaire. C'est cette propriété d'apport énergétique qui intéresse le sportif. Lors d'un effort, l'athlète va accroître sa consommation d'UTP. Contrairement à la créatine, qui agit principalement sur les fibres de la force, l'UTP accroît prioritairement les réserves énergétiques des fibres de l'endurance.

### 1. Action de l'UTP sur l'endurance

Chez des sportifs entraînés, la prise quotidienne de 3 mg d'UTP pendant quatre jours augmente de 1,5 km la distance parcourue sur un vélo fixe en une heure (5.36). Ceci correspond à une augmentation de 10 % de la performance. Une dose unique de 10 mg d'UTP permet de parcourir 3,5 km de plus sur le même effort. Suite à cette augmentation de 18 % de la performance, une fatigue durable va s'installer. C'est pour cette raison que des doses importantes d'UTP ne sont pas recommandées mais à utiliser de manière stratégique.

Chez des sportifs d'endurance, les rendements musculaires sont améliorés par la prise quotidienne de 2 mg d'UTP couplée avec de la vitamine B12 et B6 (5.37). Ces effets sont d'autant plus importants que les athlètes se trouvaient dans un état de fatigue avant de commencer à prendre l'UTP.



## 2. Mécanismes d'action de l'UTP

\_L'UTP encourage l'accumulation de potassium et l'élimination du sodium des fibres musculaires. Ce rééquilibrage permet de lutter contre la fatigue, d'accélérer la récupération et de favoriser l'anabolisme.

\_Il joue un rôle important dans la vitesse de synthèse du glycogène musculaire.

\_Il possède une action vasodilatatrice. \_C'est un psychostimulant.

## 3. Comment utiliser l'UTP?

L'UTP est un ancien supplément qui gagnerait à être redécouvert. Son faible coût ainsi que son efficacité ne doivent pas inciter le sportif à utiliser des doses excessives qui nuisent à terme. Pour la plupart des athlètes, 1 mg d'UTP par jour suffit afin d'obtenir une amélioration de la performance.

## Les régulateurs du pH et les solutions tampons

Lors d'un effort intense qui se prolonge, la production musculaire d'acide devient très importante. Par exemple, lors d'un combat de MMA, le niveau d'acide lactique dans le sang peut être multiplié par 10 (5.38). Cet acide engendre une fatigue prématurée. Afin d'optimiser sa performance, il serait idéal de pouvoir neutraliser cet acide. C'est ce que les suppléments régulateurs du pH se proposent de faire. Il s'agit essentiellement du bicarbonate et du citrate de sodium.

### les besoins de base en bicarbonate

Il est estimé que 6 g de bicarbonate sont nécessaires pour neutraliser l'acide que nous produisons quotidiennement au repos. Mais durant un effort, la production d'acide s'intensifie. Or si le sang s'acidifie pendant l'effort c'est que l'on fabrique pas assez de bicarbonate.

### Que montrent les études ?

(5.39) McNaughton a étudié l'effet d'une prise de citrate de sodium chez des hommes avant un sprint cycliste d'une minute. La performance a plus progressé avec le supplément qu'avec le

placebo. C'est la dose la plus importante (0,5 g par kg de poids corporel) qui a le plus amélioré les chronos.

Chez des athlètes d'endurance de haut niveau, la prise de cette même dose de citrate de sodium permet de réduire de plus de 10 secondes le temps nécessaire pour effectuer une course de 3 km (5.40). Ce supplément produit l'essentiel de son action ergogénique vers la fin du parcours.

Durant huit semaines, des femmes pratiquant des sports d'équipe ont reçu 0,4 g de bicarbonate par kg de poids corporelle ou un placebo avant leurs trois entraînements hebdomadaires (5.41). La moitié de cette dose de bicarbonate a été utilisée 90 minutes avant l'effort. L'autre moitié 30 minutes avant le départ. Le temps qu'a mis la fatigue pour s'installer lors d'un test cycliste d'endurance a augmenté de 123 % sous placebo, contre 164 % sous bicarbonate.

Des boxers de haut niveau ont pris 300 mg de bicarbonate de sodium par kilo de poids de corps, 90 minutes, avant un combat (4 rounds de 3 minutes, entrecoupés d'une minute de repos) (5.42). Grâce au bicarbonate juste avant le combat, le sang des boxeurs est moins acide (pH: 7,43) qu'avec le placebo (pH: 7,37), ce qui permet de débiter avec un avantage certain.

À la fin du combat, l'acidité du sang reste toujours inférieure grâce au bicarbonate (pH: 7,22 contre 7,17 sous placebo). L'acide paralysant moins les muscles, la performance est améliorée. Concrètement, le bicarbonate a permis d'augmenter de 5 % le nombre des coups portés sur tout le combat. La différence devient très visible à partir du troisième et encore plus lors du quatrième round.

En moyenne, les performances de force ou d'endurance peuvent s'améliorer de 1 à 2 % grâce aux régulateurs de pH (5.43). Cela semble peu ! Fort heureusement, il est possible d'obtenir bien plus d'effets bénéfiques de la part des régulateurs de pH à condition de respecter quelques règles de bon sens.

### Les solutions tampons

Au cours d'un exercice bref (entre 30 et 120 secondes), l'équilibre chimique entre les milieux intra et extra-cellulaires subit d'importantes perturbations en raison du mode de transfert d'énergie principalement anaérobie dont les fibres musculaires sont le siège. Ceci provoque une accumulation d'acide lactique qui entraîne une chute du pH sanguin. Une augmentation de l'acidité sanguine inhibe le transfert d'énergie et les capacités contractiles des fibres

musculaires actives. Dans le sang, l'acidose est reflétée par l'augmentation conjuguée de la concentration en ions hydrogènes (protons) et en lactate, forme tamponnée de l'acide lactique.

Le bicarbonate, qui fait partie du système tampon de l'organisme, représente la principale ligne de défense contre une augmentation de la concentration en protons dans l'organisme. Le maintien de niveaux élevés en bicarbonate dans le milieu extracellulaire provoque une libération rapide d'ions hydrogène par les cellules réduisant ainsi l'acidose intracellulaire. Ceci a amené des hypothèses selon lesquelles l'augmentation des réserves en bicarbonate (alcalines) de l'organisme serait susceptible d'améliorer de manière conséquente la performance anaérobie en retardant la baisse du pH intracellulaire. Les recherches dans ce domaine ont cependant donné des résultats contradictoires en raison de la quantité de bicarbonate de sodium administrée avant l'exercice et du type d'exercice choisi pour évaluer les effets ergogéniques de l'alcalose.

En tentant de corriger les problèmes précédents, une étude a évalué les effets d'une alcalose métabolique induite par une prise aiguë de bicarbonate sur un exercice intense de courte durée générant une quantité importante de métabolites anaérobies. Six coureurs entraînés de moyenne distance ont consommé avant une course de 800 m environ soit une boisson à base de bicarbonate de sodium (300 mg par kg de poids), soit une boisson placebo contenant une quantité similaire de carbonate de calcium soit une boisson standard. L'ingestion d'une boisson alcaline avant un exercice physique élevait le pH et les niveaux plasmatiques en bicarbonate. En condition d'alcalose, les sujets ont couru plus vite 2,9 secondes et les valeurs de la lactatémie, du pH et de la concentration en ions hydrogène extracellulaires étaient plus élevées après l'exercice comparativement aux conditions placebo. L'alcalose pré-exercice présente également un effet ergogénique chez les femmes . Dix femmes entraînées modérément ont effectué trois fois, des jours différents, un exercice maximal de 60 secondes sur ergocycle en double aveugle dans trois conditions différentes: condition témoin, aucun traitement, ingestion de 400 ml d'eau aromatisée contenant 300 mg de bicarbonate de sodium par kg de poids corporel et ingestion d'une boisson placebo contenant une dose équimolaire de chlorure de sodium (afin de maintenir le liquide intra-vasculaire constant comme dans le cas du bicarbonate) donnée dans les mêmes concentrations que le traitement au bicarbonate. L'exercice consistait en une course de 60 secondes. Le travail total réalisé et le pic de puissance développé atteignent des niveaux significativement plus élevés avec un traitement au bicarbonate avant l'exercice comparativement aux conditions placebo ou témoin. Une lactatémie plus élevée a été observée avec le traitement au bicarbonate immédiatement et 1

minute après l'exercice. Ceci confirme le fait qu'une plus grande charge de travail peut être effectuée dans ce type d'exercice bref principalement anaérobie. La consommation de citrate de sodium comme agent alcalinisant produit des avantages ergogéniques semblables pour accomplir une performance brève en condition anaérobie.

L'effet ergogénique d'une alcalose provoquée par la consommation de bicarbonate ou de citrate de sodium avant un exercice court et intense provient probablement d'un apport plus important en énergie d'origine anaérobie au cours de l'exercice. Une meilleure «neutralisation» du compartiment extracellulaire par du bicarbonate ou du citrate exogène faciliterait le transport couplé du lactate et des protons à travers les membranes des cellules musculaires au cours d'un exercice anaérobie. Ce processus pourrait retarder la baisse du pH intracellulaire ainsi que les effets négatifs qu'il provoque sur la fonction musculaire. Une amélioration de 2,9 secondes dans une course de 800 m est stupéfiante; cela correspond à une distance de 19 m, permettant ainsi au concurrent qui arrivait dernier de parvenir à la première place dans la plupart des course de 800 m.

Effet lié à la dose et au niveau d'anaérobiose d'exercice

L'interaction entre la quantité de bicarbonate et la nature anaérobie de l'exercice influence les effets ergogéniques potentiels d'une charge en phosphate avant un exercice physique. Chez les hommes et les femmes, des doses d'au moins 0,3 g par kg de poids (consommés 1 à 2 heures avant l'épreuve) facilitent la sortie des ions hydrogène de la cellule. Ceci a pour conséquence d'augmenter significativement la durée (de 1 à 2 minutes) d'un simple effort maximal, ou des exercices des bras ou des jambes de plus longue durée menés à épuisement en 6 à 8 minutes. Il n'y a pas d'effet ergogénique dans le cadre d'entraînements en résistance (comme par exemple les exercices de squat ou de presses. Tout type d'effort durant moins de 1 minute peut être amélioré à condition qu'il fasse l'objet de plusieurs répétitions. De tels efforts intermittents anaérobies sont à l'origine de concentrations intracellulaires élevées en ions hydrogènes. Par conséquent, des niveaux élevés en bicarbonate dans le liquide extracellulaire devraient profiter à la capacité de puissance développée.

Effet lié à la dose et au niveau d'anaérobiose d'exercice

Bien que l'alcalose induite avant l'exercice n'apporte aucun bénéfice à des exercices aérobies de faible intensité (car le pH et le lactate demeurent à des niveaux proches de ceux de repos), cela pourrait avantager les efforts aérobies d'intensité plus élevée. Des exercices d'endurance de haute intensité, bien que principalement de nature aérobies, provoquent une certaine

accumulation de lactate et diminuent le pH, ce qui pourrait avoir un effet négatif sur la performance. Une expérience récente menée en double-aveugle a permis de savoir si la consommation d'un agent alcalinisant avant l'exercice améliorerait la performance d'un exercice d'endurance d'intensité élevée. Huit cyclistes masculins entraînés ont consommé du citrate de sodium (0,5 g par kg de poids corporel) avant une course de 30 km. Les temps de course ont été plus courts, et le pH plasmatique et la concentration en lactate plus élevés durant les épreuves avant lesquelles il y a eu ingestion de citrate de sodium comparativement aux épreuves sous placebo. Malgré la plus faible quantité de métabolites anaérobies lors d'exercices aérobies d'intensité élevée (comparativement à des exercices courts), il semble que la consommation de solution tampon avant un effort facilite la sortie d'acide lactique et d'ions hydrogène, améliorant ainsi la fonction musculaire au cours d'exercices aérobies d'intensité élevé.

Bien que le CIO n'interdise pas les agents alcalinisants, des recherches ultérieures devraient éclaircir les avantages ergogéniques (et les dangers possibles) d'une alcalose induite aiguë. Des individus qui pratiquent la charge en bicarbonate souffrent souvent de crampes abdominales et de diarrhées 1 heure environ après l'ingestion. De tels effets négatifs sont susceptibles de minimiser les effets ergogéniques potentiels. La substitution du tampon citrate de sodium (0,4 à 0,5 g par kg de poids) par du bicarbonate de sodium peut réduire voire éliminer les symptômes gastro-intestinaux désagréables.

Effets d'une surcharge en bicarbonate sur le travail total, le pic de puissance et les niveaux de lactate sanguin post-exercice chez des femmes entraînées modérément. (5.44).

#### Des effets secondaires importants

L'usage des régulateurs de pH n'est pas très répandu, car ils sont susceptibles de causer des effets secondaires handicapants ou d'accroître des problèmes digestifs pré existant. Dans l'étude de shave, 8 des 9 sujets ont eu des problèmes digestifs.(ballonnements, flatulences, diarrhées) le bicarbonate doit être introduits progressivement et non pas brutalement du jour au lendemain.

## Comprendre la logique du bicarbonate

La toute première utilisation du bicarbonate est délicate. Chimiquement, lorsque l'on place du bicarbonate dans l'acide de l'estomac, du CO<sub>2</sub> va s'échapper. Ceci, à tel point qu'en grosses doses le bicarbonate peut se transformer en minibombe.

Évidemment, on ne veut pas qu'un tel phénomène se produise dans son estomac, ce qui induirait rapidement un gonflement désagréable et des éructations ; en d'autres termes, des effets secondaires induits par la destruction du bicarbonate ingéré. Ceci est triplement négatif, car vous auriez des effets négatifs, pas d'effets positifs, et vous auriez gaspillé votre argent.

C'est pourtant ce qui risque d'arriver si vous introduisez le bicarbonate dans l'estomac alors que celui-ci est très acide. Du fait de l'effervescence créée, l'estomac gonfle. Le CO<sub>2</sub> s'échappe comme il peut, générant des bruits peu élégants.

Avant de prendre le bicarbonate, il faut faire remonter le pH de l'estomac en buvant de l'eau. Il ne faut pas prendre de protéines ou d'acides aminés, car les protéines provoquent une baisse de pH dans l'estomac. Au contraire, le fait de boire va temporairement remonter le pH et très peu de bicarbonate se transformera en CO<sub>2</sub>. L'eau peut venir de votre boisson énergétique ou réhydratante.

Si vous éructez après avoir pris le bicarbonate, cela signifie que vous n'avez pas assez remonté le pH de votre estomac ou que vous avez bu trop de bicarbonate d'un coup. Ce guidage grâce aux éructations permet de réguler très finement votre prise. Au contraire, si rien ne se passe, c'est que tout va bien !

Plus bas dans le système digestif, le bicarbonate peut entraîner des ballonnements intestinaux, flatulences, diarrhées, etc. Ceci signifie que vous avez débuté avec une dose trop élevée. En effet, dans l'intestin, le bicarbonate va changer le pH environnant, ce à quoi le microbiote intestinal n'est pas habitué. Heureusement, il va s'adapter rapidement et ensuite, le bicarbonate traversera l'intestin sans encombre, même à haute dose.

Quel dosage pour débiter ?

Débutez avec un maximum de 1 g de bicarbonate par jour. Évidemment, à cette dose, ne vous attendez pas à battre immédiatement vos records. L'objectif est de préparer le corps à recevoir le bicarbonate et de vous apprendre à l'utiliser. Si tout c'est bien passé, le lendemain, vous pouvez augmenter les quantités ...

Si vous finissez par ressentir des problèmes digestifs, diminuez la dose au niveau qui ne vous posait pas de problème et restez à ce niveau quelques jours avant de repartir à la hausse.

Quelle dose atteindre ?

Suivant ses objectifs, il apparaît que les quantités peuvent s'étaler de 5 à 20 g par jour. Il n'est pas utile d'aller au-delà de ces 20 g si le bicarbonate est utilisé régulièrement. N'oubliez pas de monter à ces doses de manière graduelle. Il n'est pas utile de copier les forts dosages des études mentionnées. Ceux-ci sont souvent très élevés, car la prise ne s'est faite qu'une seule fois pour les besoins immédiats de l'étude.

Vitamines, Minéraux, Anti-Oxydants, Acides Gras essentiels et « Biotiques »

Avant d'aborder le rôle des minéraux, des vitamines et des acides gras essentiels, rappelons que le Programme National Nutrition Santé a édité fin 2016 les Nouvelles Recommandations pour la Population (RNP), qui remplacent les anciens ANC. Les compléments alimentaires que nous allons développer dans cette partie ne devraient pas apporter plus de 50% des besoins journaliers, l'autre moitié étant apportée par l'alimentation. En effet, certains d'entre eux présentent une toxicité certaine s'ils sont pris au long court et à de fortes doses, comme cela a été le cas pour la vitamine E qui augmente dans ces conditions de 17% le risque de développer un cancer de la prostate. Or, souvent les compléments alimentaires vendus en officine sont surdosés et les recommandations pour les sportifs dépassent les RNP. C'est pourquoi, les conseils qui accompagnent l'achat d'un complément alimentaire sont primordiaux et dans ce cas une durée d'utilisation courte est préconisée avec une mise en garde adéquate.

VITAMINES ET MINÉRAUX, POUR QUOI FAIRE ?

A) L'étude SU.VI.MAX

L'étude SU.VI.MAX (pour supplémentation en vitamines et en anti-oxydants) a mesuré l'apport nutritionnel chez 12000 français âgés de 35 à 60 ans (6.1). On observe qu'une part importante de la population a du mal à satisfaire ses besoins nutritionnels.

La supplémentation consistait en un apport quotidien de 120mg de vitamine C, 30mg de vitamine E, 6mg de Beta Carotène, 100microg de Sélénium et 20mg de Zinc.

Exemple : L'apport moyen en magnésium ne couvre que 88% de ce qui est recommandé chez les hommes, et 78% chez les femmes.

Pour 23% des femmes et 18% des hommes, l'apport n'assure pas 2/3 des besoins.

Même si seule 3% des personnes étudiées ne couvrent pas leurs besoins en Sélénium, des niveaux plasmatiques non optimaux sont retrouvés chez 75% des hommes et 83% des femmes (6.2).

25% des femmes manquent de fer, problème plus rare chez les Hommes.

(6.3) Guinot, 11% de carence en vitamine D dans les sujets pris dans la population française. Plus que l'apport alimentaire, c'est le degré d'exposition au soleil qui est le principal facteur influençant le niveau de vitamine D. La photo conversion au contact de la peau, les rayons du soleil nous permettent de fabriquer de la vitamine D .

Les personnes qui ne s'exposent jamais au soleil ont un niveau de carence de 24%, ceux qui ont une faible exposition solaire ont une carence estimée à 16%. Avec une exposition modérée ou élevée le niveau de carence passe à 9%.

Le bilan de SU.VI.MAX montrent qu'une supplémentation de plus de 7ans en antioxydants réduit l'incidence des cancers de 31% chez les hommes. Aucun bénéfice pour les femmes par contre, sans doute lié à un meilleur statu en antioxydants avant le début de la supplémentation.

Ce qui signifie que la supplémentation n'est pas optimal parmi la population masculine.

#### 1)Apport micro-nutritionnel des sportifs

L'étude (6.4) montre que chez des rugbymen français de haut niveau, il y a des apports inférieures aux recommandations pour le magnésium, le calcium, le zinc et la vitamine C.

Dans l'étude (6.5) les étudiants en éducation physique sont tous en déficit de vitamine E. Il en est de même pour 73% des sujets en ce qui concerne la vitamine C. Chez des coureurs d'endurance extrêmes 95% des athlètes étudiées ont un déficit en vitamine E (6.6).

La vitamine C et le Beta-Carotène, 32% n'ont pas un apport suffisant. Ce sont des disciplines où c'est le plus léger qui a l'avantage, les restrictions alimentaires y sont drastiques.



L'étude (6.7) a montré que 5000 français pris dans un échantillon de 10000 personnes âgés de 7 à 50 ans ont un apport en calcium inférieur au 1g nécessaire. Dont 13% sont en dessous de 500mg.

### C) Activités Physique et Pertes Micronutritionnelles

L'activité physique régulière accroisse les besoins en micronutriments. L'accélération des phénomènes physiologiques, le stress oxydant, l'augmentation des pertes urinaires et sudorales constituent autant de causes d'augmentation des besoins.

L'étude (6.8) Wenk quantifie les pertes minérales par la transpiration de sportifs ayant couru 10km le plus rapidement possible sous une température ambiante de 21°C. Pendant ces 40 min, la perte de sueur moyennes atteint 1,45kg.

Chaque kg de cette sueur charrie avec elle 20mg de calcium, 5mg de magnésium, 200mg de potassium et 800mg de sodium.

Chez des cyclistes, (6.9) DeRuisseau mesure les pertes du à un parcours de 2h réalisé à 50% de leurs VO<sub>2</sub>max sous une température de 23°C.

Chez des Basketteurs universitaires, chaque séance élimine 422mg de Calcium (6.10).

Plus on transpire plus on perd de minéraux.

## EFFETS DES SUPPLÉMENTS MULTIVITAMINES/ MINÉRAUX SUR LA PERFORMANCE

### Vitamine B :

Chez le sportif, une consommation élevée de glucides augmente par exemple le besoin en vitamine B1. Une consommation élevée de protéines augmente quant à elle le besoin en vitamine B6. Une étude a montré que prendre un supplément de vitamine B6 pendant un régime permet par exemple de conserver plus de masse musculaire, c'est donc très intéressant. Globalement prendre un supplément de vitamines B à des doses correspondant aux apports journaliers recommandés est une bonne chose.

Attention : Une coloration fluo des urines est normale, elle est provoquée par l'élimination urinaire de la vitamine B2.

Dans le cas d'une faible consommation de légumes verts à feuilles un supplément de vitamine B9 est utile, tant pour le fonctionnement du cerveau et du système nerveux que pour la croissance.

Quant à la vitamine B12 son intérêt chez le sportif omnivore est nul mais il est réel chez le végétarien et surtout chez le végétalien. Les vitamines B se prennent de préférence au cours d'un repas.

La vitamine C est incontournable :

En assurer un apport alimentaire suffisant est complexe et de nombreux spécialistes considèrent que les apports journaliers recommandés sont insuffisants. Elle intervient surtout dans la fabrication du collagène, nécessaire aux os, à la peau, aux artères, aux tendons ou aux ligaments. Elle permet la synthèse de carnitine, une protéine qui aide à brûler les graisses. Et c'est bien entendu un antioxydant puissant, c'est-à-dire une substance capable de protéger des molécules importantes comme l'ADN des dommages provoqués par les dérivés réactifs de l'oxygène comme les célèbres radicaux libres (des molécules qui portent un électron « libre »). Une supplémentation de l'ordre de 500 mg par jour semble un minimum acceptable. Une étape supplémentaire consiste à multiplier les prises, par exemple 500 mg à chaque repas.

Elle peut aussi être prise à dose élevée le soir pour aider à la détente et au sommeil – contrairement à une idée couramment répandue, la vitamine C n'empêche pas de dormir. Vous pouvez la prendre en mangeant ou sur un estomac vide, le dernier cas ne convenant généralement pas aux estomacs sensibles.

## VITAMINE C ET FRINGALES

Si, en période de sèche, une fringale vous prend, tel un sentiment fort et irrésistible, proche de la boulimie, croquez 1 g de vitamine C avec édulcorant. Recommencez 30 min plus tard. La vitamine C va couper les hormones du stress et donc diminuer cette sensation de faim incontrôlable. Évidemment cette quantité est énorme si on part du principe que RNP=110 mg/jour, mais il s'agit là de performance physique et non de santé.

Vitamine D : attention aux hypercalcémies !

(au minimum torse nu pendant 20 minutes) peut apporter jusqu'à 15 000 UI de vitamine D. L'apport journalier recommandé (AJR) étant de 400 UI en France, on comprend aisément qu'une supplémentation conforme à l'AJR ne permet pas de maintenir des taux optimaux de

vitamine D dans le sang. Les chercheurs se démarquent des autorités de santé et recommandent une supplémentation de l'ordre de 1000 UI par tranche de 15 kg de poids corporel (soit 4000 UI pour une personne pesant 60 kg). Je vous conseille toutefois de ne pas dépasser 8000 UI par jour. La dose de 4000 UI par jour est considérée comme sûre et suffisante pour la plupart des adultes en bonne santé. Une alimentation riche en potassium facilite la prise de masse musculaire et diminue la perte de muscle pendant le régime. Lorsque le potassium est assimilé sous une forme basique, comme dans les végétaux, le bénéfice est encore plus marqué car il contribue à rétablir l'équilibre acido-basique. Dans le cadre d'une prise de poids ou de force, une supplémentation en potassium n'est pas indispensable pour le débutant mais elle devient particulièrement utile par la suite. Au cours du régime le bénéfice est encore plus marqué quel que soit le niveau. Bien entendu on commencera par limiter l'apport en sodium (en sel de table) avant de se supplémenter en potassium. Dans le cadre d'une supplémentation on privilégiera des formes basifiantes comme le citrate de potassium ou le bicarbonate de potassium. La différence principale entre les deux étant que le bicarbonate sera pris de préférence en dehors des repas. En effet lorsque l'on mange, l'acidité de l'estomac va tamponner une partie des ions bicarbonates. Cette réaction chimique se manifeste alors par un rot lié au dégagement d'air. Le citrate ne présente pas cette contrainte. Attention, un apport excessif brutal en potassium peut être très dangereux, la prudence est donc de mise, une supplémentation douce et progressive, une mesure du pH urinaire et un contrôle du taux de potassium dans le sang occasionnel seront de bon goût.

Si l'on combine le fait que l'apport des Français en micronutriments est relativement bas et que les dépenses des sportifs sont accrues, que penser d'une supplémentation micro-nutritionnelle?

Les athlètes seraient en droit d'attendre une amélioration de leurs performances grâce un cocktail de vitamines/minéraux. Ce n'est pourtant pas ce qu'indiquent la majorité des études scientifiques.

D'une part on a des études qui valident l'intérêt de la micro-nutrition :

\_D'anciennes recherches effectuées chez des escrimeurs de haut niveau montrent que 70 % des sujets souffraient de déficience en vitamines du groupe B (6.11). Une supplémentation en multi vitamines et en minéraux a permis d'accroître leurs performances de 3 %.

\_(6.12) Hausswirth montre les bénéfices d'une supplémentation en vitamines et minéraux chez des athlètes d'endurance entraînés. Un groupe de coureurs a reçu une supplémentation en

vitamines du groupe B, C et E ainsi que des minéraux: magnésium, zinc, fer, manganèse, cuivre et sélénium pendant 21 jours avant une épreuve d'ultra-trail. 24 h après cette course à pied de 6h, la récupération musculaire est meilleure grâce aux vitamines/minéraux qu'avec un placebo. Le groupe placebo aura besoin de 24 heures supplémentaires pour récupérer.

Tandis que d'autres études infirment l'intérêt que peuvent avoir une supplémentation micro-nutritionnel :

\_Une cure de huit semaines de vitamines + minéraux sous forme liquide chez des hommes pratiquant la musculation n'influence pas les performances (6.13). Seule une légère diminution du sentiment de fatigue est notée. Malheureusement, beaucoup d'études ne confirment pas ces résultats. Par exemple, neuf mois de supplémentation en multi-vitamines/minéraux chez des coureurs n'améliorent pas les chronos (6.14).

la supplémentation micro-nutritionnelle aurait pour but d'améliorer certains paramètres de santé plutôt que la performance. À moins de souffrir de carences graves, la performance n'est visiblement pas trop affectée par un statut micro-nutritionnel un peu faible.

#### A) Le problème du Fer

Chez des athlètes féminines nord américaines, des carences en fer sont notées dans 20 à 47 % des cas. alors que les hommes ne sont que 2 à 13 % à en être victimes (6.15). Cette différence est d'autant plus prononcée que les femmes mangent moins que les hommes. Leur apport en fer est donc moindre que celui des hommes. Pourtant, les besoins des femmes sont plus importants que ceux des hommes.

Les sportifs sont un groupe à risque en ce qui concerne ces carences. Ceci pour plusieurs raisons:

\_ L'apport pourrait être insuffisant à cause d'une alimentation pauvre en protéines d'origine animale (viande et poisson).

\_ L'absorption du fer peut être réduite par la répétition d'entraînements intenses.

\_ L'augmentation des pertes peut se faire par l'intermédiaire:

a)de la sueur (470 à 530 µg de fer par litre de sueur);

b) de l'urine (appelée hématurie: perte de sang dans l'urine). Ou encore, phénomène anormal que l'on retrouve chez 7 à 90 % des coureurs ayant effectué un marathon par exemple, par:

c) les saignements gastro-intestinaux qui peuvent faire perdre de 1 à 3 mg de fer.

\_ Chez la femme, des règles abondantes (ce qu'une femme n'évalue pas toujours bien) ou longues (plus de cinq jours). provoque quasiment inévitablement une carence temporaire en fer.

\_ Toute perte de sang se traduit par une perte de fer, car au moins les 2/3 de nos réserves en fer (qui s'élèvent de 2 à 5 g) se trouvent dans le sang.

\_ En s'attaquant à nos globules rouges, les radicaux libres favorisent les pertes en fer.

Une supplémentation modérée est rarement efficace pour lutter contre une fatigue ou une anémie. Les effets d'une courte supplémentation en fer sur la performance sont en général décevants, car il faut au moins trois mois pour que les stocks corporels se reconstituent en cas de carence. Une supplémentation massive peut engendrer des problèmes de santé très graves, car le fer s'accumule dans le corps. Contrairement à la femme qui en élimine tous les mois des quantités importantes à cause de la menstruation, l'homme en perd nettement moins (1-2 mg par jour). Une toxicité peut s'ensuivre.

Les alternatives à la supplémentation direct en fer

Une baisse d'intensité dans l'entraînement suffit parfois à faire remonter les niveaux, car l'absorption du fer alimentaire redevient normale.

Une supplémentation peut être obtenue en mangeant régulièrement de la viande rouge chez les sportifs qui ne le font pas habituellement.

Une étude récente suggère un moyen original pour maintenir son niveau de fer à la normale chez le sportif (6.16). Chez des athlètes d'endurance amateurs s'entraînant en moyenne 14 heures par semaine, une période d'effort de 3 mois s'est traduite par une baisse de 24 % de leur niveau de fer dans le sang. Lorsqu'ils ont utilisé un cocktail d'antioxydants (500 mg de vitamine E et 30 mg de bêta carotène) durant 30 jours ainsi que 1 g de vitamine C les 15 derniers jours, cette baisse du niveau de fer n'a pas eu lieu. Ceci suggère que le stress oxydatif contribue significativement à la chute des niveaux de fer induite par l'entraînement. La vitamine C, en améliorant l'absorption du fer alimentaire pourrait aussi avoir joué un rôle.

## LES ANTI-OXYDANTS

Les radicaux libres sont des molécules auxquelles il manque un électron. Ils vont donc s'attaquer à nos cellules afin de leur voler un électron. De ce pillage, résulte un dégât cellulaire. Nous produisons constamment des radicaux libres mais leur apparition peut-être stimulée par l'effort physique. Cette augmentation pourrait être de l'ordre de 2 à 10 % suivant le type d'activité. Les causes principales sont l'augmentation de l'apport en oxygène induit par l'accélération de la respiration ainsi que la redistribution de la circulation sanguine. Plus tard, les dommages musculaires qui résultent des contractions répétées vont aussi générer des radicaux libres.

(6.17) Uchiyama a analysé la relation qui existait entre le stress oxydant et les dommages musculaires consécutifs à une séance de musculation. Des rats mâles ont subi une séance de « musculation ». Les cellules endommagées avaient toutes des traces d'altérations consécutives à la génération de radicaux libres.

Cette étude montre que l'attaque oxydative qui suit un effort traumatisant est en 2 phases :

a) Une agression de radicaux libres est notée immédiatement après l'effort. Cette montée est induite par le phénomène d'ischémie (manque d'oxygène pour les cellules au cours d'une série d'effort), re-perfusion (retour de l'oxygène qui cause encore des dégâts cellulaires).

b) Une seconde attaque radicalaire est notée 24 à 72 heures après l'effort du fait de l'arrivée de cellules phagocytaires qui débarrassent les muscles des cellules endommagées. Cette seconde attaque retardée correspond dans son timing à l'apparition des courbatures.

Cette découverte fournit des arguments pour l'utilisation d'antioxydants afin de tenter de réduire la dégradation musculaire qui suit un effort. Il faut aussi retenir de cette étude, que du fait de l'aspect bi-phasique de l'attaque radicalaire, les recherches n'analysant les effets des anti-oxydants qu'immédiatement après l'effort passent peut-être à côté de certains bénéfices de ces suppléments.

Les anti-oxydants issue de l'alimentation comme les vitamines A, C et E et des minéraux comme le Zinc et le Sélénium.

## A) Activité Physique et statut en Anti-oxydants

L'entraînement régulier devrait en contrepartie de ces attaques accroître nos défenses antioxydatives. Les efforts modérés sont en général associés à une hausse des protections naturelles en antioxydants. Plus l'intensité et la durée de l'effort vont s'accroître, plus les effets de l'activité physique vont varier. Par exemple, chez des footballeurs, bien que l'activité radicalaire soit accrue, les capacités antioxydantes du corps sont 25 % supérieures à celles des sujets sédentaires (6.18). Des efforts extrêmes risquent de produire une baisse du niveau de nos défenses antioxydantes (6.19). En cas de surentraînement, l'élévation des radicaux libres semble largement dépasser celle de nos défenses. La disparité des résultats obtenus lors des divers travaux scientifiques vient du fait qu'il n'existe pas encore de méthode directe et fiable pour mesurer le niveau de production des radicaux libres.

## B) INTERET D'UNE SUPPLÉMENTATION

En règle générale, les antioxydants sont à utiliser en cocktail et non individuellement, car leurs effets sont complémentaires. Par exemple, du fait de ses propriétés liposolubles, la vitamine E s'insère dans la membrane qui entoure nos cellules. C'est à cet endroit qu'elle va exercer son action antioxydante. Par contre, la vitamine C, qui est hydrosoluble, va agir dans la cellule ou à l'extérieur de celle-ci. Les vitamines E et C prises isolément, même à très fortes doses, ne pourront agir aussi efficacement qu'une combinaison de vitamine E + C.

Si sur le papier une supplémentation en antioxydants peut dans certains cas réduire l'ampleur du catabolisme cellulaire qui suit un effort, elle se traduit rarement par une amélioration des performances. (6.20) Watson montre que deux semaines d'une alimentation pauvre en antioxydants chez des sportifs entraînés se traduisent par une augmentation du stress oxydant ainsi qu'un plus fort sentiment de fatigue durant l'effort. Celui-ci pourrait s'expliquer par une concentration moindre des acides gras circulant dans le sang du fait du manque d'antioxydants; cela suggère une mobilisation des graisses plus faible. Les radicaux libres semblent jouer un rôle dans l'installation de la fatigue musculaire.

La prise d'antioxydants pourrait donc retarder l'apparition de cette fatigue ?

(6.21) Kinscherf a fait prendre 200 mg de NAC (N-acétylcystéine=précurseur du glutathion qui est un anti-oxydant endogène) ou un placebo, trois jours par semaine durant un mois, à des joueurs de tennis débutant la musculation. L'objectif de cette augmentation du volume de travail était de les conduire à rapidement se surentraîner. Ce surentraînement a été constaté par

une augmentation du niveau de glutamate dans le sang, ainsi qu'une baisse de glutamine, d'arginine et de cystine. L'usage du NAC a permis de diviser par deux l'importance de la fonte musculaire et a empêché l'accumulation du tissu adipeux par rapport à celui détecté dans le groupe placebo.

Ce type de résultats est assez minoritaire parmi l'ensemble des recherches qui ont été menées avec les antioxydants. Les bénéfices d'une supplémentation chez un sportif dont le niveau d'antioxydants est un peu bas, se manifestent sur sa santé. Par exemple des coureurs s'entraînant 7,5 heures par semaine ont reçu une supplémentation de vitamine C et E durant un mois. L'apport total en vitamine C a été porté à 277 mg contre 162 mg dans le groupe placebo. Pour la vitamine E, le groupe sous antioxydant avait un apport de 60 mg contre 15 mg pour le placebo. Le principal effet des antioxydants a été d'élever les concentrations de vitamine E et C dans les neutrophiles. Rôle de soutien immunitaire?

Il faut dire que les radicaux n'ont pas que des effets néfastes: ils agissent aussi comme messagers qui vont forcer le corps à s'adapter aux exigences que lui impose l'athlète. En réaction au stress oxydant corps va accroître le niveau de ses enzymes protecteur. L'usage de suppléments antioxydants semble au moins dans certains cas, inhiber ce mécanisme de défense. Le sportif devient dépendant de la supplémentation.

### C)QUAND LES ANTI-OXYDANTS SE RETOURNENT CONTRE VOUS

Par ailleurs, si une dose légère d'antioxydants protège le corps, des doses massives vont produire une action paradoxalement pro-oxydante.

L'étude (6.22) montre que la prise de vitamine C + NAC dans les jours qui suivent une séance de musculation traumatisante exacerbe les dommages cellulaires au lieu de les réduire. Si vous mangez beaucoup de légumes et de fruits frais, l'usage de suppléments à visée antioxydante n'est peut-être pas recommandé. Si vous mangez jamais ou très peu et que vous vous entraînez de manière intensive, la complémentation semble utile, au moins pour la santé comme le montre l'étude SU.VI.MAX.



## LES ACIDES GRAS ESSENTIELS

Il existe trois grandes catégories d'acides gras:

\_ Les saturés: ce sont les graisses qui se solidifient lorsqu'elles sont placées dans un réfrigérateur. On les désigne en général sous l'appellation de « mauvaises graisses».

\_ Les mono-insaturés: leur principal représentant est l'huile d'olive.

\_ Les polyinsaturés: ils regroupent les oméga 6 (huile de bourrache ou d'onagre), les oméga 3 (huiles de poisson) et peut-être bientôt le CLA.

Ce troisième groupe d'acides gras est dit indispensable à notre santé, parce que notre corps ne sait pas les fabriquer. C'est la raison pour laquelle ils sont essentiels. La composition lipidique de nos membranes reflète de manière relativement fidèle le profil des graisses alimentaires que nous absorbons (6.23). Or, les recherches ont montré que la composition lipidique de la membrane influençait ses fonctions physiologiques. Une membrane riche en acides gras saturés sera nettement moins « performante» qu'une cellule massivement dotée d'acides gras polyinsaturés. Un bon profil en acides gras est en général associé à une amélioration des performances physiques (6.24).

### A) DES DESEQUILIBRES FLAGRANTS

Dans l'étude SU.VI.MAX, (6.25) Astorg montre que 95 % des sujets ne couvrent qu'un peu plus de la moitié de leurs besoins en acide alpha linoléique (oméga 3). L'apport en acide linoléique (oméga 6) semble adéquat, bien qu'il se situe plutôt dans le bas de la fourchette. Il en résulte un ratio acide linoléique/acide alpha linoléique trop élevé pour une santé optimale. Ce ratio est de plus de onze, c'est-à-dire que l'apport en oméga 6 est onze fois supérieur à celui en oméga 3. Idéalement, ce ratio doit se situer à cinq maximum.

Si l'apport en EPA et DHA semble adéquat, des déficiences en oméga 3 sont notées chez les individus ne consommant que peu de poisson et de fruits de mer. Comme nous l'avons vu plus haut, les personnes retenues pour l'étude SU.VI.MAX sont susceptibles de manger plus de poisson que la majorité des Français. Leur apport en lipides peut être considéré comme très élevé par rapport à celui du sportif, puisqu'il se monte à 36 % (pour les hommes) et 38 % (pour les femmes) de leur apport calorique total. Les chances de souffrir de carences en acides gras essentiels augmentent d'autant plus que l'on réduit sa consommation de lipides.

## B)SPORT & ACIDES GRAS ESSENTIELS

En analysant le profil des acides gras plasmatiques de sportifs français de haut niveau, l'étude (6.26) détecte de nombreuses perturbations lipidiques (principalement en oméga 3 mais aussi en oméga 6). Ainsi, 80 % des nageurs de niveau international étudiés montraient des déficits en acides gras essentiels. (6.27) Finaud confirme ce déséquilibre. Les sportifs étudiés ont un apport trop important en acides gras saturés et une consommation trop faible en acides gras essentiels. Afin de garantir une performance optimale, il nous semble important pour les sportifs de se supplémenter en oméga 6 et surtout en oméga 3. Pour les oméga 6, c'est l'apport en GLA (ou AGL en français pour acide gamma-linolénique). En ce qui concerne les oméga3, c'est leur teneur en EPA (acide eicosapentanoïque ou eicosapentaénoïque) et en DHA (acide docosahexanoïque ou docosahexaénoïque) qui importe.

## C)Le CLA

Ou acide linoléique conjugué (ALC en français) est un acide gras encore classé dans la catégorie des non-essentiels. Le CLA est présent dans l'alimentation, particulièrement dans les graisses de viande ou de lait.

(6.28) Pinkoski a fait prendre 5 g de CLA ou un placebo à des sujets suivant un programme de musculation de sept semaines. L'ampleur du catabolisme musculaire semble avoir été réduite dans le groupe CLA. Il en est résulté une accélération de la prise de masse musculaire(+ 1,4 kg, contre+ 0,2 kg dans le groupe placebo). La perte de graisse est aussi plus prononcée avec le CLA. Lorsque certaines personnes du groupe sous placebo utilisent le CLA durant les sept semaines suivantes, la réduction du catabolisme apparaît, mais aucune accélération de la prise de muscle n'est notée. La majorité des études montre que l'action du CLA chez l'homme est, au mieux décevante.

## LES PROBIOTIQUES ET LES PREBIOTIQUES

Des souches comme les Bacillus coagulans peuvent être incluses directement dans les pots de protéines en poudre. L'objectif de cette combinaison est double:

- \_ Accroître l'assimilation des acides aminés, en particulier de la leucine et de la glutamine.
- \_ Lutter contre les troubles digestifs tels les ballonnements que l'on peut ressentir avec une alimentation hypercalorique, particulièrement si elle est riche en protéines.

Le *Bacillus coagulans* résiste aussi à l'acidité de l'estomac, ce qui assure son efficacité et lui permet de se combiner idéalement avec les suppléments hyperprotéinés et/ou les weight gainers.

Les prébiotiques sont des fibres qui favorisent le développement de bonnes souches de bactéries intestinales. Les fructo-oligosaccharides et l'inuline représentent les chefs de file des prébiotiques. L'idéal est bien évidemment de combiner pré- et probiotiques pour obtenir un résultat plus rapide.

#### A)INTERET DES BIOTIQUES POUR LE SPORTIF

Chez des athlètes d'endurance s'entraînant en moyenne 13h par semaine, des perturbations de la flore intestinale sont notées chez 91 % des sujets. Les bonnes bactéries sont sous-représentées, alors que les mauvaises sont surreprésentées. Ceci peut favoriser les troubles digestifs ainsi que les risques d'infections. Une supplémentation de quatre semaines à base de pré- et de probiotiques permet d'améliorer la situation ainsi que l'immunité intestinale, souvent compromise par l'effort (6.29).

#### LES SUPPLÉMENTS DE « PROTECTION » DU SPORTIF

##### A)LA RECUPERATION

Une partie des sportifs désire aller au bout de ses limites. Ils recherchent avant tout la performance. Il est facile de concevoir que lorsque ces sportifs vont pousser leurs corps dans leurs derniers retranchements, un risque existe. (On peut inclure les militaires de terrain)

Le risque est souvent présentée d'emblée dans des sports comme la plongée, les débutants y sont familiarisés. Mais ce n'est pas forcément le cas dans les autres activités sportives.

Pourtant, la littérature scientifique rapporte de nombreuses pathologies liées à la pratique sportive.

Les compléments alimentaires permettent d'être utilisés pour prévenir ces troubles sanitaires, les suppléments de protection vont tenter de pallier les problèmes rencontrés par le sportif en accélérant la récupération dans ces multiples facettes.

##### 1)les 8 facettes de la récupération

Francis en 1997 dans le livre entraînement pour la vitesse (préparateur de nombreux champions d'athlétisme dont le plus connu est Ben Johnson) résume le problème de la récupération cette affirmation: «un effort de 95% de ses capacités requiert une récupération de 48h, alors qu'un effort de 100% va demander jusqu'à 10 jours».

On voit que plus on pousse son corps au maximum, plus la récupération sera difficile.

Malheureusement il existe plus de compléments alimentaires permettant d'accroître l'intensité d'effort (la caféine) que des compléments capables d'accélérer la vitesse de récupération.

Intensité qui mène rapidement à une fatigue chronique . Mais la récupération est multi-facette:

a)la récupération hydrique: afin de remplacer l'eau et les électrolytes perdus pendant l'entraînement. Une mauvaise réhydratation va être associée à de la fatigue et à des crampes. Ce qui exacerbe les problèmes digestifs et immunitaires. La régénération générale va être ralentie.

La réhydratation est la priorité absolue.

b)la récupération énergétique: qui doit être assez rapide. (Vu précédemment)

c)la récupération micro-nutritionnelle: (vu précédemment aussi)

d)la récupération immunitaire:

e)la récupération endocrinienne: qui dure quelques jours marqués par le cortisol (marqueurs du catabolisme musculaires et du stress de l'organisme)

f)la récupération musculaire : (les courbatures sont la pour témoigner du besoin de récupération musculaires)

g)la récupération articulaire : beaucoup plus importantes dont l'impact négatif se ressent à long terme.

h)la récupération nerveuse: en particulier dans les sports de force, c'est la plus longue et la plus importante. (partie à développer)

## POUR PREVENIR LES TROUBLES EVENTUELS

### A) LES SUPPLÉMENTS ANTI-CRAMPES

Nous avons tous, un jour ou l'autre souffert de crampes. Si au repos une crampe est désagréable, lors d'un effort, elle devient catastrophique. Les recherches montrent que jusqu'à 67 % des tri athlètes ont souffert de crampes durant, ou juste après, un parcours. Chez les marathoniens ou chez les cyclistes, les valeurs montent jusqu'à 70 %.

La déshydratation conduit-elle aux crampes?

(6.30) Jung démontre l'utilité d'une boisson énergétique et hydratante, surtout durant un effort pratiqué par temps chaud. Des hommes jeunes ont effectué un exercice répétitif pour les mollets dans un environnement à 37 °C afin d'induire des crampes. La boisson permet de doubler le temps de travail avant l'apparition des crampes par rapport à un placebo. Mais Jung montre tout de même que 69 % des sportifs étudiés souffrent de crampes alors qu'ils sont bien hydratés. De plus, 46 % des sujets déshydratés n'ont pas eu de crampes. L'hypohydratation ou le déficit en électrolytes ne sont pas forcément sources de crampes. Mais l'allongement du temps de travail permis par la boisson sportive montre qu'il s'agit tout de même de facteurs contribuant à l'arrivée de crampes.

### Sodium et Crampes

(6.31) Stofan a comparé la composition de la sueur de footballeurs américains de haut niveau. Certains souffraient de crampes fréquentes, d'autres pas. Lors d'un entraînement de deux heures et demie, la quantité de sueur produite est similaire dans ces deux groupes (environ quatre litres). Par contre, chez les joueurs ayant des problèmes de crampes, la teneur en sodium de la sueur est le double de celle des sportifs n'en souffrant pas. La perte estimée en sodium est de plus de 5 g chez les joueurs qui ont des crampes contre 2,2 g pour les autres. Les pertes en potassium sont, par contre, similaires dans les deux groupes.

(6.32) Bergeron rapporte que chez un jeune tennisman de haut niveau, un apport en sel lui a permis d'éliminer ses problèmes de crampes. Ce tennisman perdait en moyenne 2,5 litres de sueur par heure, alors qu'il ne buvait que 1,8 litre d'eau par heure. Sa perte en sodium s'élevait à plus de 2 g par heure, alors que son apport quotidien en sel oscillait entre 2 et 4 g. Avec des matchs qui durent en moyenne près de deux heures, nous comprenons pourquoi ce joueur

devait souvent abandonner à cause des crampes. L'augmentation de son apport en sel à 6-8 g par jour et une meilleure hydratation semble avoir résolu son problème.

## Les crampes

Qui n'a jamais ressenti cette violente douleur au pied ou dans le mollet ? Les crampes musculaires sont courantes, elles touchent tout le monde mais particulièrement les sportifs. Elles ont de nombreuses causes, allant de l'insuffisance rénale ou des troubles thyroïdiens à la sclérose en plaques. Si vous avez un problème hormonal, quel qu'il soit, assurez-vous que votre traitement est parfaitement équilibré. Un déséquilibre même mineur peut donner des symptômes francs : une légère hypo ou hyperthyroïdie occasionne des crampes par exemple.

Voici les causes les plus fréquentes de crampes.

\_ Les blessures, y compris des lésions aux fibres musculaires lors d'un entraînement intense, qui perturbent le fonctionnement électrique des muscles. Dans ce cas, une bonne alimentation et une supplémentation en magnésium, même temporaire, sont les meilleurs atouts.

\_ La déshydratation. En été lorsque les températures grimpent et que l'on s'entraîne sous la chaleur, la perte d'eau peut provoquer des crampes. Il est donc impératif de toujours s'hydrater à l'entraînement.

\_ Le manque de sodium. Lorsqu'il fait chaud la transpiration évacue de grandes quantités de sodium et il arrive que l'apport alimentaire ne compense pas les pertes, les crampes sont alors un symptôme de premier ordre. Dans ce cas la solution consiste à augmenter légèrement son apport en sel de table.

\_ L'hypoglycémie pourrait favoriser l'apparition des crampes. Ceci met donc en avant l'intérêt d'une bonne nutrition de l'effort. Il existe d'autres facteurs comme les chaussures trop serrées (crampes à la voute plantaire), un entraînement trop intensif chez un sédentaire...

Que faire en cas de crampes ? Lorsqu'une crampe survient, il convient d'étirer doucement le muscle concerné et de maintenir la position quelques instants. La supplémentation en magnésium est très utile si les crampes sont répétées, de même que celle en vitamines B. Une supplémentation en taurine le soir après les entraînements avant le coucher (une grosse

cuillère à café de taurine en poudre – jusqu'à 5 g –) permettra aussi de prévenir ces désordres nocturnes.

### Créatine et Crampes

La créatine est souvent accusée de favoriser l'apparition de crampes. (6.33) Greenwood montre l'effet inverse chez des joueurs de football américain s'entraînant par temps chaud. En effet, 47 % des joueurs non-utilisateurs de créatine sont victimes de crampes, contre 27 % chez les utilisateurs de créatine. Cette étude est intéressante, car contrairement à beaucoup de sports où l'on peut se dévêtir par temps chaud, les footballeurs américains restent toujours très équipés, ce qui accentue la déshydratation.

Chez des patients souffrant de troubles rénaux importants, l'incidence de crampes a été diminuée de 60 % en quatre semaines par la prise de créatine (6.34).

(6.35) Williams décrit une amélioration rapide des problèmes de crampes chez un footballeur américain de haut niveau grâce à la prise de l'équivalent du contenu de deux bouchons de vinaigre .

### B)MINIMISEZ LE CHAMBARDEMENT IMMUNITAIRE

Vue de l'extérieur, la pratique sportive est perçue comme un moyen de renforcer ses défenses immunitaires. Ceci est probablement vrai quand l'activité physique reste modérée, mais lorsqu'on donne tout ce que l'on a, les recherches montrent qu'à court terme, une légère immunosuppression risque de s'ensuivre (6.36). Si l'on s'entraîne alors que l'équilibre n'a pas été restauré, la somme cumulée de ces petites immunosuppressions va affaiblir nos défenses de manière durable. Beaucoup d'études ont montré que les sportifs de haut niveau sont anormalement victimes d'infections. Pourtant lorsqu'on y regarde de plus près, il est encore difficile de comprendre la logique de la réponse immunitaire. Le niveau de certaines cellules inflammatoires s'accroît. Cette élévation devrait se faire en parallèle avec le taux de cellules anti-inflammatoires, mais ce n'est pas toujours le cas. Les cytokines vont alors agresser notre organisme (en particulier nos muscles, ce qui inclus le système digestif et le cœur) comme si nous étions victime d'une infection. Par ailleurs, si le niveau de certaines cellules immunitaire augmente, d'autres s'effondrent, ouvrant la porte à des virus, à des infections ou agents pathogènes. D'une à neuf heures après l'effort, le sportif serait plus susceptible d'en être la

victime qu'en temps normal. Ce chambardement peut aussi, venir aggraver une infection existante.

En altitude, la réponse immunitaire pour un même effort est plus importante que celle constatée au niveau de la mer, surtout dans les premiers jours. La prise d'antioxydants 3 semaines avant et durant un entraînement de 13 jours en altitude n'a pas été capable d'influer cette réponse immunitaire (6.37). L'auteur note que, malgré une dépense calorique plus importante en altitude, l'appétit des sportifs tend à se réduire. Ce double phénomène va se traduire par un déficit énergétique, lui-même immunosuppresseur. De telles fluctuations brutales, aussi bien à la baisse qu'à la hausse, n'apportent rien de bon. Mais les compléments alimentaires vont aider à minimiser ce chambardement immunitaire. Par ce biais, ils vont lutter contre la fatigue qui suit chaque entraînement, et favoriser la récupération du sportif.

#### Rôles des glucides

La toute première mesure à prendre est de s'assurer que votre approvisionnement en énergie, surtout en glucides est en adéquation avec vos dépenses. Les recherches montrent que plus l'effort est long, plus les glucides vont assurer un rôle atténuateur. Un régime riches en glucides dans les jours qui précèdent l'effort permet d'atténuer les désagréments immunitaires, ainsi que les phénomènes inflammatoires constatés après un entraînement (6.38). Scharhag (6.39) montre que chez des athlètes d'endurance de très haut niveau, la prise de boissons glucidiques dosées à 6 % durant un effort intense de 4 heures atténue l'élévation de la réponse immunitaire ainsi que la hausse de cortisol(hormone immunodépressive).

#### Rôles des Protéines

Dans l'étude menée par Flakoll (voir chapitre protéine) chez les militaires qui ont reçu un supplément de protéines/glucides immédiatement après les exercices , les problèmes d'infections ont été réduits de 28 % par rapport au placebo. La fréquence des visites chez le médecin a été réduite de 33 %.

La glutamine joue un double rôle vis-à-vis du système immunitaire. Pour des cellules immunitaires comme les lymphocytes et les macrophages, la glutamine est une source importante de carburant. Cet acide aminé pourrait aussi agir comme immunostimulant. Or, nous avons vu dans le second chapitre que l'effort tend à réduire, parfois de manière durable, les niveaux de glutamine. Cette raréfaction pourrait produire une action délétère vis-à-vis de l'immunité.



une déficience en glutamine pourrait être à l'origine de l'immuno-suppression consécutive à un exercice épuisant. Les chercheurs spéculent sur la supplémentation en glutamine qui pourrait réduire la susceptibilité accrue aux infections des voies respiratoires supérieures (IVRS) observées fréquemment après des compétitions longues ou à la suite d'une séance d'entraînement épuisant. Chez des marathoniens, la consommation d'une boisson à base de glutamine (5 g de L-glutamine dans 330 ml d'eau minérale) à la fin d'une course, puis 2 heures plus tard, a diminué le nombre d'IVRS rapportées par les sportifs supplémentés. De manière plus spécifique, le nombre de sportifs n'ayant présenté aucun symptôme d'infection augmente de 65 % comparativement au groupe placebo.

Dans des études ultérieures menées par la même équipe scientifique, il a été impossible de corréler l'effet de la glutamine sur le risque d'infection après un exercice à une variation de la distribution des lymphocytes dans le sang. Dans le cadre d'un entraînement plus modéré effectué par des rats, la supplémentation alimentaire de glutamine n'améliore ni le métabolisme des lymphocytes ni la fonction Immunitaire. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer si la glutamine peut de manière fiable servir de supplément efficace pour réduire l'immuno-suppression consécutive à un exercice épuisant. En outre, des recherches récentes menées chez l'homme indiquent que la supplémentation en glutamine avant un exercice physique n'a aucune influence sur les changements immunitaires provoqués par des séances répétées d'exercice intense. La prise d'une supplémentation de neuf doses de 100 mg de L-glutamine par kg de poids corporel 30 minutes avant la fin de l'exercice, à la fin de l'exercice et 30 minutes après l'exercice (durant la récupération) a supprimé la diminution de la glutamine post-exercice mais n'a eu aucun effet sur la modification de la fonction immunitaire. Mais d'autres études contredisent celle-ci.

Chez 200 athlètes d'endurance, (6.40) Castell constate que plus l'effort est long, plus l'incidence d'infection est grande. IL leur a fait prendre 5 g de glutamine (ou un placebo) immédiatement, puis deux heures après leur entraînement. 51% des utilisateurs du placebo sont tombés malades dans les 7 jours qui ont suivi. Ils n'étaient que 19 % dans le groupe glutamine. Cependant, les études ne sont pas toutes unanime en ce qui concerne l'efficacité d'une supplémentation en glutamine. La prise de BCAA, en atténuant la baisse de glutamine, semble plus efficace. Chez des triathlètes de haut niveau, la prise de 3 g de BCAA avant chacun de leurs 2 entraînements quotidiens réduit d'un tiers l'incidence des infections en un mois (6.41).

## Autres suppléments

(6.42) Clancy montre l'utilité des probiotiques chez les sportifs surentraînés ou souffrant d'une fatigue persistante. Il définit comme pathologique une fatigue qui ne cède pas après un repos complet ou à une baisse importante du volume de travail. Des infections récurrentes en profitent pour s'installer. L'incidence de ces fatigues est surtout visible dans les sports d'endurance plutôt que dans les sports de force. Une immunodéficience est souvent notée. Ainsi, la production d'interféron gamma est moindre que chez une personne sédentaire en bonne santé. La prise de probiotiques (sous forme de *Lactobacillus acidophilus*) durant un mois permet de redresser la production d'interféron gamma. Malheureusement, l'étude ne nous indique pas si les problèmes de fatigue sont ainsi résolus et si la performance s'améliore. Cependant, cette étude montre clairement que le système immunitaire du sportif peut être favorablement, et durablement, modulé par les probiotiques. Récemment, (6.43) Gleeson et Cox ont confirmé cette action bénéfique des probiotiques sur le système immunitaire des sportifs.

Un déficit en immunoglobulines est aussi facteur d'infections. Il est souvent constaté après un effort prolongé. Chez des sportifs d'endurance, la prise de 6 mg de caféine par kg de poids corporel une heure avant un entraînement est associée à un meilleur maintien du niveau d'immunoglobulines pendant et après un effort (6.44). L'auteur attribue ce phénomène à l'augmentation de la sécrétion d'adrénaline induite par la caféine. Il semble aussi que le stress immunitaire soit atténué chez les athlètes consommant une alimentation riche en acides gras essentiels (6.45). La prise d'antioxydants (bêta carotène, vitamine C et E) aide à maintenir l'intégrité immunitaire, mais son rôle dans ce domaine est très discuté (6.46).

L'arginine, par sa capacité à accroître la sécrétion de monoxyde d'azote (dont beaucoup de cellules immunitaires se servent pour détruire les agents pathogènes) est un supplément potentiellement intéressant en ce qui concerne la préservation de l'immunité de l'athlète (6.47).

## C) DÉRÈGLEMENTS DU CYCLE MENSTRUEL

Beaucoup de sportives ont des règles irrégulières. Passé un certain niveau de réduction du pourcentage de graisse, les cycles vont même complètement disparaître. Cet arrêt reflète un bouleversement hormonal concernant la production des hormones sexuelles. Cette

perturbation a plus pour origine une alimentation trop faible en calories que l'activité physique elle-même.

(6.48) Tomten montre que, chez des sportives d'endurance, celles qui ont des problèmes de menstruation sont celles qui mangent le moins. Ce déficit énergétique se situe en particulier au niveau des graisses alimentaires.

À moins que vous cherchiez à avoir un enfant, cette absence de règles ne semble pas avoir d'incidence sanitaire, si ce n'est l'inquiétude qui peut en résulter lorsque ce phénomène se produit pour la première fois. Plus inquiétante pour la santé est probablement la sous-alimentation.

#### D) ATTEINTES AU SYSTEME DIGESTIF

Les troubles digestifs Contrairement aux sports d'endurance, dans les sports de force les troubles digestifs sont rarement provoqués par l'effort. Ils trouvent leur origine dans l'alimentation.

\_ En période de prise de muscle, il peut s'agir d'une constipation, le plus souvent provoquée par une trop faible consommation d'eau (l'eau facilite le travail des fibres alimentaires). Il peut également s'agir d'une diarrhée dont les origines sont multiples. Parfois la diarrhée est parfois provoquée par une intolérance au lactose (intolérance qui touche une grande majorité de la population, bien souvent, sans qu'elle le sache). Dans ce cas, elle se déclenche avec l'augmentation de la consommation de produits laitiers : fromage blanc 0 %, poudres de protéines. La solution est simple : il suffit de réduire ou d'arrêter sa consommation de produits laitiers et d'opter pour des poudres protéinées pauvres en lactose ou sans lactose : whey sous forme d'isolat et caséine micellaire. Si la quantité de lactose restante (infime dans ce genre de produits) continue à poser problème alors le mieux est de le supprimer totalement et d'opter pour des aliments solides ou des protéines de blanc d'œuf en poudre bien qu'elles aient un goût désagréable.

D'autres suppléments sont capables d'induire une diarrhée. Par exemple l'hydrolysate, en particulier les hydrolysats de whey surtout s'ils sont bus rapidement. Les hydrolysats de caséine comme le PeptoPro ne semblent pas avoir cet effet négatif. Les flocons de céréales en poudre (flocons d'avoine ou d'orge en général) en revanche peuvent provoquer de la diarrhée.

En effet ces glucides, bien que réduits en poudre ne se digèrent pas aussi vite que des sucres simples comme le glucose ou la maltodextrine et si leur passage dans l'estomac est trop prompt, la digestion se fera difficilement voire pas du tout ce qui provoquera une diarrhée. Buvez-les donc lentement, par petites gorgées et sans mettre trop d'eau dans votre mélange (gardez une consistance crémeuse). Pour finir, la diarrhée peut provenir également d'une alimentation très appauvrie en fibres : typiquement viande+pâtes blanches ou viande+riz blanc. En effet, ce type d'alimentation peut perturber la flore bactérienne bénéfique et laisser ainsi la place à une flore pathogène que l'organisme tentera d'éliminer en accélérant le transit.

\_ En période de régime ou de sèche, la diarrhée survient encore plus fréquemment. En effet l'organisme est déjà fragilisé par le déficit calorique et les changements alimentaires peuvent facilement le perturber : une augmentation de la consommation de végétaux et donc de fibres peut ainsi engendrer une diarrhée, un peu comme la diarrhée du voyageur est provoquée par le changement brusque d'alimentation. La solution consiste donc à toujours modifier les quantités de végétaux ingérées progressivement. - En période de sèche, le régime alimentaire peut entraîner une constipation, il faut alors plutôt augmenter les fibres en priorité par l'alimentation mais aussi pourquoi pas, par l'addition d'un complément alimentaire de fibres qui auront pour autre effet bénéfique d'aider à réguler un peu l'appétit.

### Problèmes intestinaux

De tous les sportifs, il semble que les coureurs soient les plus sensibles aux problèmes intestinaux. De 30 à 65 % des coureurs longue distance pourraient être affectés, mais les troubles digestifs sont présents dans la plupart des sports d'endurance. Ils peuvent se traduire par une envie plus que pressante de se diriger vers les toilettes, des diarrhées, des crampes intestinales ou des ballonnements. Plus ennuyeux sont les problèmes de saignements gastro-intestinaux. Des traces de sang sont retrouvées dans 87 % des selles des sportifs d'endurance (6.49). Des lésions intestinales se retrouvent chez quinze des seize coureurs de haut niveau ayant parcouru une course de 20 km (6.50). Les femmes pourraient être plus affectées que les hommes, surtout pendant les règles. Le stress d'une compétition ne fera qu'exacerber les problèmes. Il en est de même pour les efforts qui vont s'effectuer en altitude. Paradoxalement, les médecins considèrent ces manifestations comme des protections pour les organes du sportif, car elles les obligent à interrompre leur effort.

Après l'exercice, des conséquences malheureuses peuvent aussi survenir. Les dommages intestinaux réduisent les capacités digestives de l'intestin grêle. La digestion du moindre aliment va poser des problèmes lorsque celui-ci va arriver dans le gros intestin. Une diarrhée peut en résulter.

#### 1)origines de ces troubles

\_Au repos, l'irrigation sanguine du système digestif est très importante. Lors d'un effort, le sang va migrer du système digestif vers les muscles en mouvement et la peau. L'irrigation, et donc l'oxygénation, de l'appareil digestif peuvent se réduire de 80 %, voire plus.

\_La pénurie d'oxygène, puis son retour après l'effort, risquent d'induire des dégâts très importants sur la muqueuse intestinale. Outre une destruction des cellules par l'intermédiaire des radicaux libres, des saignements peuvent apparaître.

\_La déshydratation va exacerber cette pénurie en réduisant le volume plasmatique. Les recherches montrent que passé une perte de poids de 3 % durant l'effort, l'incidence des problèmes digestifs grimpe en flèche.

\_L'hyperthermie, ainsi que l'hypoglycémie, va aggraver les problèmes.

\_Plus un athlète va être déshydraté, moins il va assimiler rapidement les glucides. Les chances que les boissons énergétiques provoquent des troubles digestifs augmentent.

\_Les secousses générées par la course à pied expliqueraient pourquoi les coureurs souffrent plus de ce type de problème que les cyclistes.

\_Oktedalen montre que suite à un marathon, la perméabilité intestinale augmente, ce qui pourrait favoriser les attaques d'agents pathogènes.(6.51)

Heureusement, avec l'entraînement, la restriction du flot sanguin devient moins sévère. L'incidence des problèmes intestinaux diminue.

#### 2)intérêt d'une supplémentation

La prise d'une boisson à base de glucides et d'électrolytes durant l'effort permet de réduire la diminution du flot sanguin dans l'appareil digestif (6.52). Le fait de boire prévient aussi la baisse du volume plasmatique (déshydratation). Une autre action protectrice des glucides durant l'effort est qu'ils vont lutter contre l'hypoglycémie.

Évidemment il existe des dosages optimaux à déterminer de manière individuelle pour les sportifs qui ont des problèmes digestifs. Par exemple un trop grand volume d'eau provoquera d'autres problèmes alors qu'une compensation de 60% par rapport aux pertes semblent être un bon compromis. Par exemple une trop forte concentration en glucide et en sodium risque de faire apparaître d'autres troubles digestifs.

Les pro- et prébiotiques en favorisant le développement de la flore intestinale, pourraient s'avérer utiles. La génération de radicaux libres étant l'un des médiateurs des problèmes, l'usage régulier d'antioxydants peut être envisagé. La prise de 1 g de vitamine C pourrait minimiser le passage d'agents pathogènes suite à un effort (6.53).

Une baisse prononcée du niveau de glutamine sanguin est constatée chez les sportifs souffrant des complications digestives les plus importantes (6.54). La supplémentation en glutamine, pourrait potentiellement limiter l'ampleur des problèmes, mais cette thèse n'est toutefois pas scientifiquement établie.

Réduire l'incidence des points de côté

L'origine du point de côté est très mal connue. Tout d'abord parce que la recherche scientifique en la matière est très faible, et ensuite, car ce fameux point, même s'il est ressenti sur le côté, peut se localiser n'importe où sur l'abdomen. Cependant, il est deux fois plus courant à droite qu'à gauche. Cette variation de la localisation ne facilite pas l'apport d'explications. Il existe plusieurs théories concernant l'origine de cette gêne, mais aucune n'apparaît très satisfaisante, d'autant plus qu'un facteur psychologique existe, puisqu'en situation de stress comme avant une compétition, son incidence augmente.

Ce qui doit intéresser le sportif, c'est de connaître les facteurs qui favorisent le point de côté. Dans une enquête portant sur près de mille sportifs d'endurance, 61 % se plaignent d'avoir souffert d'au moins une fois d'un point de côté sur l'année passée (6.55). La position du buste très droite, ainsi que les à-coups que l'on retrouve dans la course à pied ou l'équitation, sont des facteurs favorisant le point de côté. L'incidence du point de côté est treize fois moindre en cyclisme, là où le buste est penché, et les secousses moins franches. C'est aussi la raison pour laquelle il est recommandé de se pencher en avant afin de faire disparaître cette douleur. Ceci ne veut pourtant pas dire qu'un cycliste ne souffrira pas de ce problème. Il existe en effet d'autres facteurs favorisants.

Les points de côté affectent les sportifs de tous niveaux, mais, plus un sportif s'entraîne souvent, moins il est susceptible d'en souffrir. L'incidence du point de côté s'atténue aussi avec l'âge (6.56). Des problèmes de colonne vertébrale peuvent favoriser le point de côté (6.57).

(6.58) Plunkett a étudié des sportifs souffrant régulièrement de points de côté. Il confirme que l'incidence est plus grande lorsque les sujets ont mangé ou bu avant de courir. Durant l'effort, la prise d'eau augmente le risque, la précocité, la douleur ainsi que la durée du point de côté. Lorsque la boisson est très sucrée (10 % de glucides), ces risques doublent. Le pire est atteint lorsqu'on dépasse la concentration de 10 %. Par contre, en habituant progressivement le corps aux apports énergétiques, on réduit l'incidence des points de côté au fil des entraînements. Les boissons faiblement sucrées semblent donc préférables à celles très riches en glucides ou aux jus de fruits concentrés. Durant l'effort, il vaut mieux boire fréquemment de petites gorgées plutôt que beaucoup de manière irrégulière. Les boissons hypertoniques (très riches en sodium) augmentent aussi le risque par rapport à celles qui sont isotoniques ou hypotoniques. Cependant, partir déshydraté favoriserait l'apparition des formes les plus invalidantes de point de côté.

Les manœuvres utilisées pour éliminer ces points (se pencher en avant, contracter les abdominaux, accroître l'intensité de la respiration ... ) n'apportent malheureusement qu'un soulagement temporaire. Plunkett recommande cependant de porter une ceinture large et légère avec fermeture velcro, que vous pourrez facilement serrer en cas d'apparition d'un point de côté, puis desserrer ensuite.

#### Sécheresse buccale

Du fait de l'effort, une diminution du flux salivaire (hyposialie) est souvent observée. Avec une moindre humidification de la bouche, une sécheresse buccale peut finir par se développer. Le fait d'avoir la bouche sèche constitue une gêne. On a du mal à avaler sa boisson sportive ou le peu de salive qu'il nous reste. La respiration est entravée de manière plus longue lorsqu'il faut déglutir. Cette gêne buccale va se traduire par une diminution de la performance.

Certains facteurs vont favoriser cet assèchement:

\_le stress d'une compétition ou la pression que l'on place sur soi-même lors d'un entraînement déclenchent une hyposialie quasi immédiate;

\_le fait de respirer par la bouche accélère ce dessèchement des muqueuses;

\_de plus, la salive s'appauvrit en bicarbonate, ce qui ne permet plus de maintenir un pH buccal neutre- celui-ci s'acidifie ce qui va accroître le sentiment de sécheresse;

\_une forte déshydratation réduit encore la production de salive;

\_les fumeurs sont des sujets plus exposés que les autres.

Comment diminuer cette sensation de sécheresse?

\_Le chewing-gum favorise la salivation. Il peut aussi aider à se relaxer.

\_La prise régulière de boissons, en commençant un peu avant l'effort puis au cours de celui-ci, permet l'humidification de la bouche.

\_L'eau est la boisson la plus proche du pH buccal. Si la sécheresse buccale vous pose réellement un problème très handicapant, c'est donc cette boisson qui doit être privilégiée. Les boissons énergétiques commerciales sont très acides (pH entre 3 et 4). tout comme les jus de fruits, particulièrement ceux à base de concentré. Les sodas, surtout gazeux, le sont encore plus, avec un pH entre 2 et 3.

Il est possible d'améliorer le pH des boissons énergétiques en les diluant avec de l'eau.

Il est tout de même à déplorer que le pH de la boisson ne figure que rarement sur l'étiquette. Cette valeur est importante, non seulement pour les sportifs souffrant de xérostomie, mais aussi, comme nous allons le voir plus loin, pour la santé dentaire et le possible reflux gastrique.

Attention aux dents : La prise de boisson acide se traduit immédiatement par une baisse du pH buccal, en effet un  $\text{pH} < 5,5$  peut s'installer et ainsi l'émail des dents commence à s'éroder. Boire sucré sur une longue période d'effort peut aussi contribuer à abîmer les dents. Le brossage préalable des dents avec un dentifrice riche en fluor va leur procurer une barrière de défense contre l'acidité des boissons. Se brosser les dents avant chaque effort.

Les nausées

Beaucoup de nausées s'expliquent par une mauvaise alimentation pré-effort. Dans les sports d'ultra-endurance, elles sont souvent signe de déshydratation et de manque de sodium. Il faut donc prendre l'habitude de boire tôt durant ce type d'effort. Bowen rapporte l'élimination des nausées très handicapantes chez un sportif d'ultra-endurance grâce au doublement de son



apport en fluide durant l'entraînement. Il a fallu au sujet un mois d'adaptation pendant lequel il lui a été très difficile, voire impossible, de boire autant. En deux mois, la réhydratation adéquate durant l'effort est devenue une habitude.(6.59)

Le reflux gastro-œsophagien

Il s'agit d'un problème assez fréquent qui risque d'être exacerbé par le sport. (6.60). Si vous ressentez ces brûlures, il est important d'en parler à votre médecin, car ce problème peut en cacher d'autres plus inquiétants.

Le RGO pourrait affecter environ 60 % des sportifs à des degrés divers. En effet, une remontée d'acide peut se produire sans pour autant provoquer de gêne chez le sportif. Les scientifiques peuvent mesurer des remontées significatives d'acide alors qu'aucune sensation de brûlure ne se fait ressentir. Soyez attentif, car les recherches ont montré qu'une remontée d'acide artificielle allait provoquer une baisse des performances sportives (6.61).

La survenue du RGO dépend de l'intensité ainsi que la durée de l'effort. Les sports les plus propices au RGO sont la musculation (du fait du blocage de la respiration) et l'utilisation de la ceinture de musculation, la course à pied (du fait des secousses). l'aviron et le cyclisme (du fait de la position assise). Les autres facteurs responsables de ce phénomène sont la réduction de l'irrigation sanguine du système digestif, ainsi que de la vitesse de digestion induite par l'effort.

La prise d'un repas, particulièrement s'il est composé d'aliments solides et riches en protéines, en fibres ou en graisse, va favoriser la survenue du RGO. Il en est de même pour le jus d'orange, la caféine, les boissons riches en sel ou l'alcool. La mastication d'un chewing-gum, si elle ne vous gêne pas, peut être essayée contre le RGO.

## E)PROBLEMES CARDIAQUES

On estime qu'un marathonien sur 50 000 va mourir durant la course. Sans en arriver là, deux problèmes se posent aux sportifs:

La fatigue cardiaque

Le cœur, tout comme les autres muscles va fatiguer, surtout lors d'efforts prolongés. Une baisse des performances en résulte. Il convient d'économiser ses ressources cardiaques de trois manières:

\_En prévenant la déshydratation : la perte de fluide dans le sang force le cœur à battre plus vite.

\_En luttant contre l'augmentation de la viscosité du sang qui a lieu durant l'effort: plus le sang restera fluide, plus le travail cardiaque sera facilité.

\_En accélérant la synthèse d'ATP cardiaque: la créatine et le ribose vont servir de source d'énergie pour le cœur, ce qui pourra l'aider à soutenir plus longtemps un effort d'endurance.

### Les dommages cardiaques

Les activités prolongées sont parfois associées à des dommages cardiaques temporaires. Tout comme les autres muscles, certaines fibres cardiaques peuvent être détruites lors d'efforts importants. Il s'agit d'un processus normal qui ne semble pas avoir de conséquences trop néfastes. Cependant, qui dit dommage dit nécessité de prendre le temps de récupérer. Des protéines sont nécessaires pour cette réparation. Par ailleurs, la prise de vitamines et de minéraux semble capable de réduire l'ampleur de ces dommages (6.62).

## F)PROBLEMES DE CONDITIONNEMENT SANGUIN

Le sang est un élément très important pour le sportif. Il charrie l'oxygène, les nutriments ainsi que les facteurs de croissance vers les muscles. À son retour, il élimine les déchets et les divers polluants générés par l'effort. Afin que ces échanges s'effectuent de manière optimale, le sang doit posséder des caractéristiques précises.

Or, la répétition des entraînements peut altérer ces caractéristiques en:

\_augmentant la viscosité du sang;

\_accélérant l'élimination des globules rouges.

Face à ces problèmes, les suppléments du conditionnement sanguin auront comme objectif d'accroître la quantité de globules rouges ainsi que de favoriser leur diffusion au travers des capillaires.

## Augmentation de la viscosité du sang

Durant un effort, la viscosité du sang va temporairement augmenter, ce qui entrave l'oxygénation des muscles. Plus vous allez devoir forcer en fin de parcours, moins votre sang sera à même d'oxygéner vos muscles. Les raisons en sont multiples:

\_La déformabilité des globules rouges se réduit. ce qui entrave leur passage dans les capillaires menant aux muscles. En effet, le diamètre du globule rouge est souvent supérieur à celui des capillaires. Afin de les traverser, le globule doit se déformer. Plus sa membrane est souple, plus le passage va être rapide. En réduisant la déformabilité du globule rouge, l'effort diminue notre capacité à oxygéner le muscle. La musculation exacerbe ce problème de rigidité des globules rouges beaucoup plus que les disciplines d'endurance.

\_La déshydratation, en réduisant le volume plasmatique va fortement augmenter la viscosité du sang.

\_Lorsque la température du corps s'élève, la viscosité s'accroît.

\_L'arrivée de l'acide lactique dans le sang hausse la viscosité.

\_Du fait de leur concentration en acides gras essentiels et en fer, les globules sont particulièrement sensibles aux attaques des radicaux libres (présents en surabondance au court de l'effort). Une rigidité plus grande résulte de ces attaques.

\_Sur le plus long terme, un manque de fer et le surentraînement peuvent aussi accroître la viscosité.

## Suppléments capables de réduire la viscosité du sang

Il faut tout d'abord boire afin d'éviter la déshydratation et la hausse de température corporelle. Les antioxydants peuvent jouer un rôle protecteur. Chez des sujets entraînés, la prise de vitamine A, C et E durant deux mois annule les effets délétères d'un effort sur les globules rouges (6.63), mais ce sont surtout les acides gras essentiels (oméga 3 et 6) qui s'avèrent très importants dans cette lutte. Les études ont montré des effets favorables d'une supplémentation de 1,8 g d'EPA + 1,2 g de DHA durant 6 semaines (6.64). Le GLA (2 g quotidiennement) induit aussi des modifications sanguines favorables au sportif.

L'anémie du sportif existe-t-elle?

Chez les sportifs de haut niveau, le taux d'hématocrite (pourcentage du volume globulaire dans le volume sanguin) peut apparaître relativement bas. Ceci pourrait suggérer qu'ils manquent de globules rouges afin d'optimiser leurs performances. Ce déficit en globules pourrait refléter une anémie.

Il est indéniable que chez les sportifs l'élimination des globules rouges est accélérée. Ceci par plusieurs moyens:

\_L'hémolyse est constatée dans de nombreuses disciplines d'endurance, et pas seulement dans la course à pied. Elle n'a donc pas pour origine essentielle la répétition de chocs induits par les pieds lors du contact avec le sol (6.65).

\_La diminution de la déformabilité des globules que l'on constate au cours de l'exercice va réduire leur durée de vie. Dans le pire des cas, la déformation mènera à la destruction du globule

\_Pertes de sang induites par les saignements gastro-intestinaux. Des globules rouges vont être retrouvés en concentration très variable dans les sels et les urines.

\_La déshydratation favorise ces saignements.

\_Le stress oxydatif peut aussi entraîner la destruction des globules.

L'anémie du sportif masculin est assez rare. L'entraînement (surtout d'endurance) va accroître le volume plasmatique (jusqu'à +20-30 %), ce qui malgré une augmentation concomitante du nombre des globules rouges, va faire chuter l'hématocrite. Il n'y a pas d'anémie dans ce cas spécifique même si cela y ressemble. Les signes d'anémie sont une stagnation, voir une baisse inexplicée, des performances et une fatigue. Le sportif a souvent l'impression d'avoir les « jambes lourdes ». Ceci ne veut pas dire que l'athlète ne doit pas aider son corps à compenser cette perte accrue de globules.

La supplémentation aura deux objectifs :

\_ Limiter la destruction des globules. Nous retrouvons ici la nécessité de bien s'hydrater durant l'effort. Les acides gras essentiels en augmentant la déformabilité des globules peuvent accroître leur durée de vie. Les antioxydants vont protéger les globules des attaques des radicaux libres.

\_ Favoriser la production de globules rouges. Il n'y a pas un supplément à prendre de manière isolée, mais plutôt un cocktail. Il s'agit des vitamines B1, B2, B6, B12, acide folique et fer.

## G)REINS ET PROTEINURIE

La protéinurie désigne la présence anormale de protéines sanguines (albumine, globuline ) dans l'urine. Elle témoigne d'un dérèglement rénal temporaire induit par l'effort. Ce dysfonctionnement explique aussi pourquoi des traces de sang sont souvent retrouvées dans l'urine des athlètes. Les causes de la protéinurie sont diverses:

\_L'irrigation sanguine, et donc l'oxygénation des reins, se trouvent réduites durant l'entraînement.

\_Une ischémie risque de s'ensuivre.

\_La baisse du pH sanguin induite par l'arrivée massive d'acide lactique contribue aussi à ce mauvais fonctionnement rénal.

\_L'hyperthermie, et surtout la déshydratation, va exagérer ce phénomène.

\_L'altitude accentue ces problèmes rénaux.

Tout doit rentrer dans l'ordre dans l'heure qui suit l'entraînement. Sauf en cas de déshydratation extrême, la protéinurie de l'effort ne semble pas induire de conséquences néfastes sur le long terme. L'idéal serait de la minimiser faute de pouvoir l'empêcher.

## H)PROBLEMES DES VOIES RESPIRATOIRES

Le débit ventilatoire étant fortement accéléré durant l'effort, nous pouvons nous attendre à fatiguer, voire endommager, les voies respiratoires. Ces perturbations peuvent conduire dans certains cas à des inflammations bronchiques résultant en une bronchoconstriction.

Incidence de la bronchoconstriction

Une pratique sportive modérée est associée à une amélioration des symptômes chez les asthmatiques. Paradoxalement, l'incidence des bronchoconstrictions est plus fréquente chez les sportifs (particulièrement les nageurs, et ceux respirant de l'air froid) que chez les sédentaires. Une bronchoconstriction suite à un effort physique est notée chez 15 à 25 % des sportifs sains et 90 % des sujets asthmatiques. Dans une population sédentaire, la bronchoconstriction n'affecte que 5 à 10 % des sujets. Plus le niveau des athlètes augmente, plus l'incidence des problèmes respiratoires est importante. Chez les athlètes américains ayant

participé aux jeux d'été de 1996, 16 % ont déjà souffert d'asthme. Ils sont 20 % lors des jeux d'hiver de 1998. Dans certaines disciplines, comme le ski de fond de haut niveau, les chiffres montent à près de 55 %. Le temps froid et sec agresse les bronches.

On parle d'asthme lorsque la bronchoconstriction conduit à des symptômes. Chez le sportif, une gêne pulmonaire qui apparaît après cinq à dix minutes d'effort, ainsi qu'une toux ou une respiration qui devient bruyante, sont des indices qui suggèrent des problèmes respiratoires induits par l'activité physique. Un double mécanisme pourrait expliquer ces problèmes:

\_Les voies respiratoires se refroidissent du fait d'une arrivée massive d'air plus froid que la température corporelle.

\_Elles se déshydratent parce que l'on doit humidifier l'air inspiré.

\_Ces phénomènes sont exacerbés par temps froid, l'air étant plus sec.

\_Le fait de respirer par la bouche plutôt que par le nez réduit le filtrage et le réchauffement de l'air (celui-ci ne passant pas par les sinus), ce qui agresse encore plus les bronches.

De ces agressions s'ensuit une inflammation qui, en réaction, provoque une contraction des bronches. La respiration devient plus laborieuse. Les défenses naturelles contre les bactéries aériennes sont réduites, ce qui explique l'augmentation des infections des voies respiratoires chez les sportifs.

La qualité de l'air joue bien évidemment un rôle important. Les émanations de chlore dans les piscines pourraient en partie expliquer pourquoi les nageurs sont particulièrement sujets à ces troubles (jusqu'à 44 % des champions sont affectés). Les altérations immunitaires générales induites par l'effort risquent de venir jouer un rôle aggravant.

Dans les sports d'endurance, une entrave, même légère, à la respiration va avoir des conséquences importantes sur la performance. C'est pour cette raison que tant d'athlètes de haut niveau se font prescrire des bronchodilatateurs médicamenteux. Sans cette prescription, cette pratique les ferait apparaître positifs à un contrôle antidopage.

#### Rôle primordial de l'échauffement

Les recherches ont montré que l'échauffement jouait un rôle préventif très important. Lorsqu'il est bien conduit, il permet de retarder l'apparition de la bronchoconstriction de 40 minutes à 3 heures suivant les cas.

## Intérêt de la Supplémentation

Du côté des suppléments, ce sont les antioxydants ainsi que les oméga 3 qui ont montré une certaine efficacité. La prise de 2 g de vitamine C une heure avant un effort a offert une protection chez 9 des 20 sujets étudiés (6.66). Ceci confirme les résultats de 2 études antérieure. La prise orale de 30 mg de lycopène a aidé 55 % des patients examinés (6.67). action qui n'a pas été confirmée lors d'une étude plus récente (6.68).

Le colostrum pourrait réduire ces problèmes chez des personnes sédentaires (6.69). Baumann montre que la prise de 30 g de whey, protéine riche en cystéine, chez des sportifs sujets à une bronchoconstriction réduit l'incidence de ce problème après 4 et 8 semaines d'utilisation régulière(6.70). Cet effet positif de la whey pourrait s'expliquer par la capacité de cette protéine à augmenter notre protection contre le stress oxydatif.

L'effet d'une prise de trois semaines de 3,2 g d'EPA + 1,2 g de DHA a été évalué chez des athlètes d'endurance de haut niveau souffrant de bronchoconstriction. La sévérité de leur bronchoconstriction a été réduite de 80 % grâce aux oméga 3. Une réduction de 64 % a été obtenue chez les personnes non entraînées grâce à ce même protocole. Cela a permis de réduire de 31 % le besoin de bronchodilatateurs médicamenteux. Les auteurs attribuent cette action des graisses de poisson à leurs effets anti-inflammatoires (6.71).

## H) MAUX DE TÊTE

Des migraines peuvent apparaître chez certains sportifs, durant ou après l'effort. Même les disciplines où il n'y a pas de contact sont affectées. L'incidence de ces problèmes semble plus importante chez les femmes que chez les hommes. Dans certains cas, c'est l'exercice lui-même qui va être le facteur déclenchant, alors que dans d'autres, une situation déjà précaire va se détériorer (6.72). Cette particularité indique que les causes peuvent être multiples. Il existe peu de statistiques concernant ce phénomène chez les sportifs, mais il pourrait affecter 35 % des pratiquants. Ces chiffres incluent les disciplines de contact (sports de combat par exemple). Ce qui fait grimper les valeurs, car dans ces activités, jusqu'à 50 % des athlètes vont développer des maux de tête. Dans une population normale, l'incidence des migraines régulières n'est que d'environ 17 %. Paradoxalement, le sport peut aider des personnes souffrant de migraines à réduire l'ampleur de celles-ci. L'une des explications avancées est liée à l'augmentation de la production de monoxyde d'azote (NO) (6.73).

Ce phénomène peut-être amplifié par la prise d'arginine qui va favoriser la production de NO.

Les causes principales de maux de tête sont:

\_L'acide généré dans les muscles qui va rapidement passer dans le sang, acidifiant ce dernier. Il est possible de ressentir cet effet de l'acide en s'allongeant, la tête au sol, immédiatement après un effort. L'afflux massif de sang «souillé» dans le cerveau va produire un mal de tête rapide. Nous ne conseillons pas d'effectuer une telle manœuvre, car elle va poser d'autres problèmes plus graves. Nous la décrivons juste pour vous éclairer sur des phénomènes physiologiques.

\_Une mauvaise gestion de sa glycémie du fait d'un apport d'énergie insuffisant avant et pendant l'effort peut accentuer une hypoglycémie chez les personnes qui y sont sujettes.

\_Une déshydratation.

\_La production massive de cytokines et de prostaglandines (substances souvent pro inflammatoires dérivées d'acides gras) peut rapidement mimer les symptômes d'une infection, induisant, entre autres, un mal de tête.

\_Les déséquilibres de sécrétion de neurotransmetteurs cérébraux durant l'effort. Par exemple, une libération accélérée de sérotonine engendre une fatigue qui peut conduire jusqu'au mal de tête.

\_Un mauvais échauffement. Une redistribution brutale du flot sanguin vers les muscles peut léser le cerveau. Montez toujours lentement et progressivement en régime.

\_La prise de glucides liquides avant et pendant l'effort peut réduire la production de cytokines, lutter contre l'hypoglycémie ainsi que la déshydratation.

\_L'usage régulier d'huile de poisson modère les sécrétions de cytokines et de prostaglandines.

\_L'utilisation de protéines, particulièrement de BCAA, juste avant et pendant l'entraînement peut contribuer à atténuer des maux de tête provoqués par la fatigue et la sérotonine.

Dans les sports de contact, les maux de tête ont une origine très différente. Ils vont être difficiles à éviter. Un choc va provoquer la formation de radicaux libres. Par conséquent, les antioxydants peuvent trouver une utilité. Une étude effectuée chez l'animal pourrait fournir des arguments en faveur de l'utilisation de créatine (supplément souvent dénigré dans les sports d'équipe). Sullivan montre que l'ampleur des dommages crâniens suite à un choc, est



divisée par deux chez le rat ayant utilisé au préalable de la créatine (6.74). Les bénéfices d'une prise d'antioxydants et de créatine ne seront peut-être que marginalement efficaces, mais dans ce domaine, tout est bon à prendre.

Quoi qu'il en soit, nous déconseillons de prolonger l'entraînement en cas de migraine. Dans le doute, arrêtez immédiatement, surtout si ces maux de tête surviennent tôt dans l'effort. En fin de séance, ils peuvent s'expliquer par une fatigue généralisée. Si l'on s'est vraiment donné à fond, ce phénomène n'est pas « anormal », mais à condition de disparaître rapidement à l'arrêt de l'activité. S'ils perdurent longtemps après l'arrêt de l'effort, il vaudra mieux en parler à votre médecin.

## I) Courbatures

Ces douleurs musculaires peuvent réellement devenir handicapantes. Fort heureusement, dans la plupart des cas, elles ne sont que passagères.

Qu'est-ce qu'une courbature?

### 1) La piste de l'acide lactique

Une chose est certaine concernant les courbatures: lorsqu'on les ressent, ce n'est pas parce que les muscles sont pleins d'acide lactique. La piste de l'acide lactique a été abandonnée, il y a fort longtemps. Dans le pire des cas, après des efforts extrêmes, il faudra une heure pour l'éliminer, mais guère plus. En général, les traces d'acide lactique disparaissent du muscle et du sang en moins de 20 minutes. Or, les courbatures apparaissent 24 à 48 heures après un effort. Pourquoi de l'acide lactique reviendrait-il hanter nos muscles au repos, 1 à 2 jours après un effort? De plus, la douleur produite par l'acide lactique correspond à une intense sensation de brûlure. Elle ne ressemble en rien à celle produite par les courbatures.

### 2) La piste des microtraumatismes

Ce que les scientifiques ont établi concernant les courbatures est qu'il s'agit le plus vraisemblablement de micro-traumatismes occasionnés sur les fibres musculaires. La douleur que l'on ressent est en fait celle d'une multitude de petites « blessures » du muscle. Mais pourquoi ces dernières se font-elles ressentir si longtemps après l'effort? Nombre de ces microtraumatismes ne se produisent pas durant l'effort, mais bien après. La répétition de

contractions et d'étirements inhabituels d'un muscle provoque des fuites de calcium intracellulaire. Mais une fois cette tâche accomplie, le calcium se retire dans des réserves isolantes. L'étanchéité de ces poches est compromise du fait de sollicitations intenses des muscles. Les fuites se propagent lentement pour culminer un peu avant que les douleurs musculaires ne se fassent réellement sentir. D'où le délai entre l'entraînement et la sensation de courbatures.

#### Des sensations trompeuses

Certaines personnes ne ressentent jamais de courbatures, et les femmes en souffrent en général moins que les hommes. D'autres individus y sont extrêmement sensibles. Mais ne pas ressentir les courbatures ne veut pas dire que le muscle n'est pas « courbaturé » dans le sens endommagé. Comme toutes les sensations de douleurs, elles peuvent parfois s'avérer trompeuses. L'idéal serait de se « tester » au milieu de la nuit ou encore au lever. Les courbatures sont parfois révélées lorsqu'on ré entraîne son muscle ou lorsqu'on le masse, alors que l'on ne ressent tel quel, aucune douleur. L'évaluation des courbatures par la sensation qu'elles produisent est donc très aléatoire, ce qui pose des problèmes pour apprécier l'efficacité des différents compléments alimentaires. Par ailleurs, les suppléments sont souvent testés sur des personnes sédentaires, chez qui le moindre effort va causer des dégâts musculaires très importants. Même avec des anti-inflammatoires médicamenteux, il est très difficile de réduire l'incidence des courbatures qui vont être induites sur ces personnes. Il s'agit donc d'une difficulté de plus pour les chercheurs. Dans ce contexte, nous comprenons pourquoi la majorité des études ne montre aucun effet des suppléments, ou alors des effets très contradictoires.

#### Action protectrice des protéines

Dans l'étude menée par Flakoll (6.75). les marins qui ont reçu un supplément de protéines immédiatement après les exercices de manœuvre ont réduit de 26 % leurs problèmes de courbatures. Ceci témoigne d'une meilleure adaptation musculaire permise à terme par l'utilisation précoce des protéines.

Van Someren rapporte une atténuation des courbatures suite à l'usage d'une combinaison quotidienne de 3 g de HMB + 3 g de KIC (acide alpha kéto-isocaproïque) durant deux semaines par des hommes non entraînés(6.76). La combinaison annule le doublement du niveau des marqueurs du catabolisme qui est noté avec le placebo suite à un effort

traumatisant. Paddon-Jones ne montre, lui, aucun effet d'une supplémentation de six jours en HMB seul(6.77).

Chez des hommes et des femmes jeunes, la prise de 5 g de BCAA atténue à la fois les courbatures et la fatigue musculaire dans les quatre jours qui suivent un entraînement (6.78).

Ces résultats sont confirmés par Howatson, qui a fait prendre 10 g de BCAA le matin+ 10 g le soir à des sportifs de force durant douze jours(6.79).

Millard-Stafford a fait parcourir 21 km, puis un sprint final à des coureurs. Ces derniers ont ensuite eu deux heures pour récupérer avant de répéter la même épreuve(6.80). Durant cette période, ils ont reçu soit une boisson glucidique (dosée à 6 % ou 10 %), soit une combinaison glucides (8%) + whey protéines (2 %). La performance sur la seconde course a été similaire avec les 3 supplémentations. Par contre, la sensation de courbatures est divisée par 2 grâce aux glucides+ protéines par rapport aux groupes glucides seuls.

#### Évaluation des autres suppléments

La prise de 3 g de carnitine durant 21 jours atténue la sensation de courbatures ainsi que le catabolisme musculaire chez des personnes sédentaires venant de subir un entraînement traumatisant (6.81). Ces résultats sont confirmés par Volek chez des pratiquants de la musculation(6.82). La prise de 2 g de L-carnitine-L-tartrate durant trois semaines réduit de presque moitié les dommages musculaires induits par un entraînement. La sensation de courbatures dans les jours qui suivent est également réduite. Ces bénéfices de la carnitine pourraient s'expliquer par l'amélioration de la circulation sanguine induite par son action vasodilatatrice. En effet, des recherches récentes ont montré que les dégâts musculaires qui suivent un effort traumatisant s'expliquent en partie par les entraves à la circulation sanguine dans les muscles concernés. En permettant à la circulation de s'effectuer normalement après un traumatisme, les dégâts musculaires sont grandement atténués.

Bloomer montre une certaine efficacité des antioxydants chez des femmes(6.83). Résultats qui ne sont pas confirmés chez les hommes (6.84). Thompson observe un effet positif de la vitamine C qui est confirmé par d'autres, mais pas par toutes les études(6.85). Close montre au contraire que la prise quotidienne de 1 g de vitamine C pourrait ralentir la vitesse de récupération. Sacrée paradoxe concernant l'utilité des antioxydants(6.86).

La prise de 750 mg de phosphatidylsérine durant dix jours par des footballeurs n'atténue ni la hausse de cortisol ni les courbatures. Par contre, elle semble être associée à une diminution des performances (6.87).

L'usage d'enzymes digestifs avec comme chef de file la bromélaïne atténue les courbatures, mais là encore, toutes les études ne confirment pas ces résultats (6.88).

Braun a testé l'efficacité du sulfate de chondroïtine chez des hommes non-entraînés afin de prévenir les courbatures(6.89). Quatorze jours avant une séance de musculation, les sujets ont reçu quotidiennement 3,6 g de sulfate de chondroïtine. Ce dernier n'a produit aucun effet visible sur les courbatures ou sur les dommages musculaires. L'idée d'utiliser la chondroïtine pour protéger les muscles n'est pas sans intérêt. Nous pourrions reprocher à cette étude de n'avoir pas prolongé son utilisation sur une période plus longue. Les recherches effectuées sur le cartilage montrent en effet que ce supplément agit lentement avec une période de latence assez longue.

Enfin, sachez que la déshydratation risque d'exacerber la dégradation du muscle lors d'un effort (6.90). Une bonne hydratation est une fois de plus requise, mais ne solutionne tout de même pas vraiment le problème.

## Les tendinites

Les tendinites sont une pathologie du mouvement. Elles concernent aussi bien le travailleur qui effectue constamment la même tâche que le sportif de haut niveau. Leur origine est donc prioritairement mécanique de même que leur traitement. L'objectif sera d'éliminer le mouvement à l'origine de la douleur, temporairement s'il s'agit d'un déséquilibre des muscles antagonistes et définitivement si le mouvement est simplement inadapté à la morphologie articulaire et musculaire individuelle. S'il s'agit d'un déséquilibre des muscles antagonistes, on renforcera le muscle affaibli de façon à rééquilibrer les forces autour de l'articulation. Par exemple en musculation, bon nombre de tendinites à l'épaule proviennent d'un déséquilibre entre le deltoïde antérieur et le deltoïde postérieur, souvent sous-développé. Dans ce cas si la tendinite se réveille dans les exercices de poussée, on se concentrera sur des exercices de tirage ce qui peut accélérer la disparition de l'inflammation. Malgré cela, une tendinite peut mettre des semaines à disparaître, parfois des mois. Principalement car les tendons sont très

peu vascularisés. Certaines personnes semblent être prédisposées aux tendinites, elles sont atteintes d'une maladie auto-immune ou de goutte.

\_ Pour la goutte, il convient d'accorder une attention toute particulière à l'équilibre acido-basique ce qui préviendra indirectement les atteintes aux tendons. À noter également qu'en cas de goutte on évitera autant que possible la diète cétogène.

En plus de ces éventuels changements d'entraînement et d'alimentation, il existe un complément alimentaire très efficace pour accélérer la disparition d'une tendinite : il s'agit de certaines enzymes présentes dans l'ananas. Inutile de se jeter sur le premier ananas venu, les enzymes se trouvent dans la tige et elles sont détruites par l'acidité de l'estomac pendant la digestion.

Il existe donc une spécialité en vente libre en pharmacie qui se présente sous forme de comprimés

gastro-résistants (qui résistent partiellement à l'acidité de l'estomac) : Extranase. Pour une tendinite, le traitement d'attaque pourra être de 3 comprimés 4 fois par jour, pris avant les trois repas principaux et avant le coucher. Au bout d'une semaine si l'amélioration est perceptible, on pourra réduire la posologie et passer à 3 comprimés 3 fois par jour. Le traitement sera poursuivi au moins 3 semaines, même si la douleur a disparu à ce stade.

## J)PREVENTION DES TROUBLES ARTICULAIRE

Les douleurs articulaires sont un problème susceptible d'affecter tous les sportifs. Leur incidence explique pourquoi les athlètes sont de gros consommateurs d'anti-inflammatoires médicamenteux. L'enquête de (6.91) Huang effectuée chez les compétiteurs canadiens participant aux jeux Olympiques de l'an 2000 montre que les anti-inflammatoires non-stéroïdiens (aspirine par exemple) occupent la première marche du podium dans le palmarès des médicaments utilisés. 100% des gymnastes de l'équipe du Canada déclarent y avoir eu recours durant leur préparation pour ces jeux. L'avantage de ces anti-inflammatoires est qu'ils agissent rapidement pour masquer la douleur. À haut niveau, les champions n'ont souvent pas d'autres choix, mais les études montrent qu'à terme, aussi bien sur les ligaments, tendons, articulations ou muscles, ces anti-inflammatoires ralentissent la régénération des tissus (6.92). Outre leurs effets secondaires, ces anti-inflammatoires pourraient même accélérer la dégradation articulaire. Il est normal pour les sportifs de chercher des alternatives naturelles à

ces médicaments. L'idéal étant bien évidemment d'agir de manière préventive avant que le mal ne survienne.

### Exemple de surmenage articulaire

De nombreux sports ont comme base la course à pied. Kessler a mesuré l'impact de différents parcours sur l'articulation du genou chez des athlètes d'endurance chevronnés(6.93).

Une course de 5 km dans les bois réduit le volume du cartilage:

\_de la rotule de 6,6 % ; \_du tibia de 3,6%; \_du ménisque de 5 %.

Ces valeurs augmentent avec l'allongement de la distance. Après 20 km, la diminution du volume du cartilage est de:

\_8 % sur la rotule; \_6 % sur le tibia; \_7,7 % sur la partie latérale du ménisque;

\_10 % sur la partie médiale du ménisque.

La déformation du ménisque n'étant pas uniforme, nous tendons à devenir bancals. Outre le genou, cette asymétrie risque de transmettre des problèmes au niveau des hanches et du dos. Ces écrasements vont compromettre la stabilité articulaire ainsi que l'action d'amortisseur conférée par les cartilages. Si l'entraînement est répété trop fréquemment alors que les articulations n'ont pas retrouvé leur volume, des douleurs vont finir par apparaître. Afin d'être efficaces, les suppléments« articulaires» doivent posséder la capacité d'accélérer la récupération.

### La Glucosamine

#### 1)Qu'est ce que la glucosamine?

Le sulfate de glucosamine est un précurseur des glucosaminoglycanes, le second composant des cartilages, tendons et ligaments, après le collagène. Notre corps produit naturellement sa glucosamine à partir d'un sucre et d'un acide aminé: la glutamine. L'hypothèse sous-jacente à l'utilisation de glucosamine est que notre production endogène serait trop faible pour couvrir nos besoins lorsque les articulations sont maltraitées par des efforts répétés.

## 2) Mécanismes d'action de la Glucosamine

En tube à essai, la glucosamine est capable de stimuler la fabrication des cartilages articulaires tout en inhibant leur dégradation. Elle pourrait aussi favoriser la production d'acide hyaluronique, un lubrifiant et un « nutriment » articulaire majeur. Sur le plan médical, la glucosamine est surtout utilisée pour soulager l'arthrose.

## 3) Évaluation scientifique de l'efficacité de la glucosamine

Dans une recension récente de nombreuses études scientifiques, Poolsup conclut que la glucosamine retarde la progression de l'arthrose et réduit la douleur qui lui est associée tout en facilitant la mobilité articulaire(6.94).

L'une des études les plus importantes a comparé l'efficacité d'une prise quotidienne unique de 1500mg glucosamine à celle d'un placebo pendant trois ans chez + de 200 patients souffrant d'arthrose du genou (6.95). Grâce à la glucosamine, les paramètres subjectifs de douleur et de mobilité ont été améliorés de 24 %, alors que sous placebo une détérioration de 9 % est observée. Des paramètres plus objectifs comme la taille de l'espace inter articulaire ont aussi été mesurés. Plus Celui-ci est mince, plus l'articulation et le cartilage sont dégénérés. L'os finit par frotter contre l'articulation. Avec le placebo, cet espace s'est réduit en moyenne de 0,31 mm en trois ans, alors qu'il est quasiment stable (perte de 0,06 mm seulement) dans le groupe glucosamine. Sous placebo, 30 % des sujets ont connu une régression de l'espace inter articulaire qualifiée de sévère (perte supérieure à 0,5 mm). Ils étaient moitié moins à se trouver dans ce cas avec la glucosamine.

Ces différences suggèrent une action de fond de la glucosamine sur les cartilages. Ces résultats sont tout à fait similaires à ceux obtenus par Pavelka dans une autre étude menée également sur trois années(6.96).

L'efficacité de la glucosamine a aussi été évaluée contre le « mal au dos » (6.97). Durant douze semaines des personnes sédentaires souffrant du dos ont reçu de la glucosamine. Huit des dix-sept utilisateurs de la glucosamine constatent que leur qualité de vie s'est améliorée.

Si certaines études montrent l'efficacité de la glucosamine, ce n'est pas le cas de toutes. Ces variations des effets de la glucosamine s'expliquent peut-être par les difficultés rencontrées pour augmenter les niveaux intra-articulaires de glucosamine, suite à une prise orale (6.98). Malgré une absorption de la glucosamine qui est d'environ 90 %, seul 0,4 % pourrait effectivement se retrouver au niveau de l'articulation.

Afin de tenter de pallier ce problème, des crèmes à la glucosamine sont disponibles. Durant huit semaines, des patients souffrant d'arthrose du genou ont appliqué une crème composée de glucosamine + chondroïtine + camphre ou un placebo (6.99). Une diminution graduelle de la douleur est notée au fil des semaines grâce à la crème active. Cette réduction est deux fois plus importante qu'avec le placebo.

#### 4) L'intérêt de la glucosamine pour le sportif

Dans l'univers du sport, la glucosamine, ainsi que beaucoup des divers suppléments abordés ensuite, a d'abord été utilisée à grande échelle sur les chevaux de course. De là, son usage s'est répandu à l'homme. La prise de glucosamine est issue d'une extrapolation de ses effets positifs relevés chez les personnes souffrant d'arthrose, mais rien ne dit que les mécanismes de dégradation articulaire conduisant à l'arthrite soient les mêmes que ceux dont sont victimes les sportifs. Pourtant, si la glucosamine réduit la dégénérescence articulaire associée au vieillissement, n'est-elle pas aussi susceptible de protéger des cartilages mis à mal par la répétition considérable d'un même geste? Si cette proposition semble raisonnable, les études scientifiques confirmant l'efficacité de la glucosamine sont rares chez l'athlète. Une étude effectuée chez des militaires souffrant des genoux ou du dos, montre que la prise conjointe de 1,5 g glucosamine + 1,2 g de chondroïtine durant seize semaines réduit la douleur qui est associée à ces troubles (6.100). Cependant, cette amélioration des symptômes ne se traduit pas par une augmentation des performances physiques.

Durant 28 jours, des athlètes de haut niveau souffrant des genoux ont reçu quotidiennement:

\_ soit un placebo; \_ soit 1,5 g de glucosamine.

La récupération de l'amplitude de mouvement de la cuisse a été 40 % plus rapide sous glucosamine que sous placebo (6.101).

Récemment, Yoshimura a étudié avec précision l'impact d'une pratique sportive intense sur les cartilages de joueurs de football chevronnés s'entraînant deux heures, six fois par semaine(6.102). Par rapport à des hommes sédentaires du même âge, les footballeurs ont:

\_ un niveau de dégradation du collagène articulaire qui est multiplié par près de 300 %.

\_ une vitesse de régénération de ce même collagène I n'augmente que de 43 %.

\_ un ratio catabolisme/anabolisme qui est deux fois plus élevé.



Idéalement, ce ratio devrait être de zéro, témoignant d'une articulation qui se régénère parfaitement. Chez les sédentaires, il est de 0,067, ce qui correspond à une très lente tendance à la dégénérescence. Chez les footballeur il est de 0,135, ce qui l'amène au même niveau que celui de patients de 75 ans souffrant d'arthrose.

Le turnover du collagène articulaire est donc grandement accéléré chez le sportif, mais un déficit de reconstruction apparaît au vu du catabolisme très accentué. À la longue, il est normal que des douleurs finissent par apparaître.

5) Quelles différences entre 1,5 et 3 g de glucosamine ?

Une fois ces bases posées, Yoshimura a fait prendre de la glucosamine à ces footballeurs pendant trois mois.

\_ Un premier groupe a reçu 1,5 g d'hydrochlorure de glucosamine le soir.

\_ Un second groupe a reçu 1,5 g d'hydrochlorure de glucosamine le matin+ 1,5 g le soir.

Au bout des trois mois de prises quotidiennes, le ratio catabolisme/anabolisme diminue d'environ:

\_ 15 % avec les 1,5 g de glucosamine.

\_ 25 % avec les 3 g de glucosamine.

Ces améliorations s'expliquent surtout par la réduction de l'ampleur du catabolisme des articulations et dans une bien moindre mesure, par l'accélération de la régénération.

Comme nous pourrions nous y attendre, à l'arrêt de la glucosamine, le niveau de dégradation des cartilages remonte vers leurs niveaux d'avant la supplémentation alors que la vitesse de re-synthèse du collagène retrouve son niveau bas antérieur. Cependant, il remonte quelques semaines seulement avec les 1,5 g de glucosamine, alors que l'effet bénéfique de la supplémentation perdure encore deux mois après l'arrêt de la prise dans le groupe « 3 g ».

Dans cette étude, remarquons aussi que l'efficacité de la glucosamine monte lentement en puissance au fil des semaines. Sur les trois mois de l'étude, les bénéfices de la supplémentation ne semblent pas stagner au cours du temps. Ce fait plaide en faveur d'une utilisation à long terme plutôt que sous forme de cures brèves.

## 6. Comment utiliser la glucosamine?

Beaucoup de sportifs ne commencent à s'inquiéter de leurs articulations qu'une fois la douleur bien installée. Or, l'action de la glucosamine n'apparaît qu'après plusieurs semaines, voire plusieurs mois, d'utilisation. La glucosamine ne sera donc pas très efficace pour pallier rapidement une douleur. Comme les recherches le suggèrent, la glucosamine prévient la dégradation des cartilages d'une manière plus efficace qu'elle ne semble reconstituer ce qui a été détruit. Il paraît donc important de ne pas attendre d'avoir des problèmes pour commencer à se préoccuper de ses articulations. Il semble plus judicieux de l'utiliser comme supplément préventif afin d'éviter les problèmes en tentant d'accélérer la récupération articulaire. L'usage de la glucosamine pourra donc être lié au volume d'entraînement; son utilisation perdurant aussi longtemps que les articulations sont malmenées.

Il existe plusieurs formes de glucosamine. Les plus utilisées sont le sulfate de glucosamine, le chlorhydrate de glucosamine et la N-acétyl-glucosamine. Selon Hoffer, le sulfate de glucosamine est à privilégier, car la partie sulfate expliquerait certains des effets de glucosamine(7.1). Bien que plus cher, le N-acétyl-glucosamine semble de loin la forme de glucosamine la plus efficace. Contrairement aux autres formes qui ont très mauvais goût, le N-acétyl-glucosamine peut être utilisé en poudre grâce à son arôme légèrement sucré, ce qui réduit le coût par rapport à un usage sous forme de gélules. De plus, les dosages de N-acétyl-glucosamines peuvent-être divisés par 2 par rapport aux glucosamines classiques. Les recherches contre l'arthrose utilisent souvent la dose de 1 500 mg de glucosamine par jour. L'idéal est de l'utiliser en trois prises quotidiennes de 500 mg. Mais comme nous l'avons vu précédemment, chez le sportif s'entraînant intensément, 3 g semblent plus efficaces que 1,5 g.

Attention 1500mg de glucosamine n'équivalent pas à 1500mg de sulfate de glucosamine. La partie représente environ 1/3 du supplément.

### la chondroïtine

Comme nous l'avons vu plus haut, la glucosamine peut-être combinée à la chondroïtine, un autre précurseur des glucosaminoglycanes (7.2). Le sulfate de chondroïtine est un des constituants du cartilage. La principale étude rapportant son efficacité est celle de (7.3). Durant deux ans, trois cents patients souffrant d'arthrite ont utilisé soit de la chondroïtine, soit un placebo; 800 mg de chondroïtine ont été utilisés en une prise orale quotidienne unique. Au bout des deux ans, les mesures du cartilage ont révélé une détérioration d'environ 5 % de son épaisseur moyenne avec le placebo. Cette détérioration est prévenue grâce à la chondroïtine.

Comme avec la glucosamine, une action de fond semble effectivement exister. Bien que cette étude et d'autres montrent une certaine efficacité de la chondroïtine, il en existe au moins autant qui ne détectent aucune amélioration de la qualité de vie des utilisateurs. L'usage de la chondroïtine, surtout chez le sportif, est encore plus controversé que celui de la glucosamine. Il existe en effet des incertitudes concernant l'usage de la chondroïtine.

\_ La chondroïtine a été moins bien évaluée scientifiquement que la glucosamine.

\_ L'absorption orale de la chondroïtine est moins bonne que celle de la glucosamine.

\_ La chondroïtine est nettement plus coûteuse que la glucosamine.

\_ Les mécanismes d'action de la glucosamine et de la chondroïtine semblent relativement similaires. Il n'existe pas forcément une synergie d'action au-delà de l'augmentation du dosage qui résulte mécaniquement de l'addition de la chondroïtine à la glucosamine.

#### Le MSM

Le MSM ou méthyl-sulfonyl méthane est un supplément riche en soufre. Le MSM est présent en petite quantité dans les aliments riches en soufre, tels les œufs. Il est aussi présent dans le lait, le café ... Mais aucun de ces aliments n'en apporte assez pour avoir une quelconque efficacité. Le MSM a été encore moins étudié que la chondroïtine en ce qui concerne ses effets positifs, mais aussi secondaires. Il semblerait que le MSM agisse plus rapidement contre la douleur que la glucosamine, mais sans en posséder l'action de fond. Le MSM agirait surtout comme anti-inflammatoire et antioxydant plutôt que comme agent de « régénération » articulaire (7.4) a pourtant montré une certaine efficacité du MSM sur le court terme, sans pour autant se prononcer ni sur ses effets à long terme ni sur son innocuité. Debbi ne note qu'une efficacité marginale sur les douleurs articulaires suite à la prise de 1,125 g de MSM, trois fois par jour durant douze semaines (7.5). L'addition de MSM à la glucosamine semblerait accroître l'efficacité de la glucosamine, accélérant son action anti-arthrite (7.6).

#### La gélatine d'origine animale

La gélatine est une protéine dite de mauvaise qualité biologique. Ce manque de « qualité » s'explique par l'absence de tryptophane et sa faible teneur en méthionine (deux acides aminés pourtant essentiels). Au contraire, elle est très riche en glycine (qui représente 27 % des acides aminés), proline (16 %), hydroxyproline (14 %), acide glutamique (12 %) et arginine (10 %). Si la gélatine est parfois ajoutée aux « protecteurs articulaires », elle le doit à cette richesse en

glycine, praline et hydroxyproline. La gélatine présente l'avantage d'être peu coûteuse et disponible par kg dans les magasins fournissant des matières premières pour la restauration.

La gélatine est une protéine issue de matériel plein de collagène comme les os et la peau de porc par exemple. Ceci explique son profil si particulier en acides aminés. Ces derniers servent de précurseurs au collagène qui compose, entre autres, nos articulations. Il a été démontré chez l'animal, que suite à une prise de gélatine, ces acides aminés se retrouvaient pour une part importante au niveau des articulations. Il est légitime d'espérer en tirer un effet bénéfique. La réalité est malheureusement plus contrastée.

Trois cents patients souffrant d'arthrose ont reçu quotidiennement 10 g de gélatine ou un placebo durant 24 semaines (7.7). Dans l'ensemble du groupe, la gélatine n'a produit aucune action supérieure à celle du placebo. Chez les patients les moins atteints par l'arthrose, le placebo s'est montré supérieur à la gélatine. Par contre, la gélatine a été nettement plus efficace les patients dont l'arthrose était la plus grave. Cette amélioration persiste toujours huit semaines après l'effort, ce qui suggère une action de fond de la part de cette protéine.

Une petite étude a été réalisée sur des sportifs (7.8). Des athlètes jeunes souffrant du genou ont reçu 10 g de gélatine par jour ou un placebo durant huit semaines. Aucune amélioration n'est détectée dans le groupe placebo alors que la gélatine permet d'accroître la mobilité du genou douloureux. La dose de 10 g utilisée en une ou plusieurs fois au cours de la journée semble être retenue unanimement. Il s'agit, selon nous, d'un supplément trop négligé, aussi bien contre les blessures que pour la récupération musculaire.

### Les acides gras

Les graisses de poissons riches en oméga 3 semblent être un moyen simple de limiter une inflammation légère des articulations. L'ajout d'huile d'olive (7.9) ou de vitamine E (7.10) pourra accroître les effets positifs des oméga 3 sur les articulations. Les doses quotidiennes couramment rencontrées dans les études s'étendent de 2 à 10 g. Les oméga 6 sous forme de GLA pourraient aussi montrer une certaine efficacité (7.11). Contrairement aux anti-inflammatoires médicamenteux comme l'aspirine, les oméga 3 et 6 exercent une action retardée dans le temps.

Tout comme la glucosamine, ils sont donc plus efficaces pour prévenir les problèmes que pour les guérir: n'attendez pas de miracle immédiat. Si ce n'est pour les articulations, une supplémentation en acides gras essentiels paraît de toute façon importante pour le sportif.

#### Les acides gras mono saturés cétylés

Plusieurs publications scientifiques viennent étayer leur efficacité au moins sur les douleurs articulaires dues à l'arthrite. Les massages réalisés avec de telles crèmes sont plus efficaces contre les douleurs que ceux effectués avec des huiles classiques (7.12). Chez des patients dont les genoux sont atteints d'arthrite, l'application d'une crème contenant des acides gras mono saturés cétylés permet d'obtenir un soulagement et un accroissement de la mobilité trente minutes après l'application (7.13). La rapidité d'action de la crème indique qu'elle s'attaque surtout à la douleur, car aucune action de fond ne peut être obtenue aussi rapidement. Noter que le groupe placebo obtient également un soulagement, mais moins prononcé, trente minutes après l'application. Ceci illustre l'efficacité d'un massage pour lutter contre une douleur articulaire. Après trente jours d'utilisation, la supériorité de la crème active sur le placebo est toujours visible. Sur le long terme, ces acides gras pourraient réduire les phénomènes inflammatoires, mais aucune étude humaine n'a encore exploré une éventuelle action régénératrice sur l'articulation.

Les acides gras mono saturés cétylés existent aussi en prise orale. Chez des patients souffrant d'arthrite des genoux depuis au moins quatre ans, leur prise (1 g le matin+ 1 g le soir) durant 68 jours améliore la capacité des patients à plier, mais pas à tendre la jambe par rapport à un placebo (7.14). Il ne paraît donc pas judicieux de compter exclusivement sur eux pour réduire les problèmes articulaires.

#### Le Silicium

Le silicium gagne rapidement en popularité, ceci plus en Europe qu'aux États-Unis. Le silicium joue un rôle important dans la formation des tissus conjonctifs. Cela lui confère un rôle dans la solidité des articulations et des os. Des aliments comme la bière ou les bananes fournissent une part importante de notre apport en silicium (7.15). Chez le sportif, Nasolodin a montré que l'exercice augmentait les pertes urinaires en silicium(7.16). Des crèmes ou des solutions buvables de silicium sont disponibles afin de supplémente son apport en silicium.

Nous ne connaissons aucune étude publiée dans les journaux scientifiques venant étayer l'efficacité du silicium chez le sportif.

Autres suppléments proposés comme protecteurs articulaires

Avoir un sang trop acide, à cause de l'entraînement, de mégadoses de protéines et/ou d'un régime hypocalorique, favorise l'apparition des douleurs. Le fait de remonter le pH sanguin va contrecarrer ces méfaits de l'acide. Par exemple, durant quatre semaines, des personnes souffrant du dos ont reçu quotidiennement 400 mg de citrate de calcium+ 220 mg de citrate de potassium + 375 mg de citrate de sodium+ 20 mg de citrate de magnésium (7.17).

\_ Leur pH sanguin s'est alcalinisé, passant de 7,45 à 7,47.

\_ 92 % des utilisateurs ont connu une amélioration de leurs symptômes.

\_ La douleur s'est atténuée de 49 %.

Les antioxydants sont aussi préconisés car il existe une corrélation importante entre un niveau élevé de radicaux libres dans les articulations et la vitesse de dégénérescence des cartilages (7.18). Il s'agit d'une raison supplémentaire d'en faire usage pour le sportif. Cependant il ne faut pas compter sur eux seuls lorsqu'on s'entraîne de manière sérieuse. Cette remarque peut aussi s'appliquer à la liste des compléments qui suivent. Les suppléments comme les acides aminés soufrés, tels la méthionine et la cystéine, le cartilage de requin ou encore les extraits d'avocats et de soja dont quelques études montrent une certaine efficacité.

## K) PREVENTION DES BLESSURES MUSCULAIRES

Après les blessures articulaires, les douleurs musculaires sont un problème important pour le sportif. Une bonne récupération et un bon échauffement sont primordiaux afin d'éviter ces troubles.

Qu'en est-il du rôle des suppléments? L'incidence des blessures chez des joueurs de football américain de haut niveau s'entraînant par temps chaud a été observée durant quatre mois (7.19). Certains des joueurs ont reçu une supplémentation de créatine (0,3g par kg de poids corporel durant cinq jours puis 0,03 g/ pendant 115 jours), d'autres un placebo.

\_ Les blessures musculaires affectent 66 % des joueurs sous placebo, contre 19 % de ceux sous créatine.

\_ Les problèmes de tension musculaire affectent 50% des utilisateurs du placebo, contre 19 % dans le groupe créatine.

\_ Sous placebo 69 % souffrent de blessure (blessures non induites par un contact physique), contre 27 % des utilisateurs de créatine.

\_ Au total, 69 % des joueurs ont raté au moins un entraînement à cause de problèmes physiques dans le groupe placebo, contre 45 % dans le groupe créatine.

Une part des bénéfices de la créatine pourrait s'expliquer par une amélioration de la « compliance » musculaire qu'elle engendre. L'accélération de la régénération musculaire induite par la créatine pourrait aussi contribuer à ces résultats.

Dans l'étude menée par Flakoll, la prise de protéines/glucides immédiatement après l'effort physique réduit les problèmes articulaires ou musculaires de 37 % par rapport au placebo. Cet effet bénéfique des protéines/glucides s'explique par une amélioration de la qualité de la récupération.

## L) LA RECUPERATION NERVEUSE EN MANQUE DE SUPPLÉMENT

La récupération nerveuse constitue l'un des principaux facteurs limitant dans les sports de force. Si vos performances stagnent, voire régressent d'un entraînement à l'autre, ce n'est pas tant à cause de vos muscles que de ce qui commande leur puissance de contraction: le système nerveux.

Peu de suppléments se proposent d'accélérer durablement la récupération nerveuse. La théanine, en facilitant la relaxation, pourrait jouer ce rôle. L'acide pidolique (un acide aminé) associé à un minéral comme le magnésium ou le zinc, pourrait aussi accélérer la récupération nerveuse lorsqu'il est utilisé le soir.

Lorsque l'on s'entraîne dur, il est parfois difficile de se relaxer après l'effort. En restant tendu, on fatigue d'autant plus nerveusement. Et pendant que l'on est tendu, le système nerveux ne peut évidemment pas se régénérer.

Les études scientifiques montrent que chez l'animal, l'acide picolique aide à relaxer le système nerveux et le cerveau (7.20). Cette propriété relaxante de l'acide picolique, surtout en association avec le magnésium (picolate de magnésium) peut aider à mieux dormir, favorisant ainsi la régénération nerveuse.

## M)LE CAPITAL OSSEUX

Tout comme nos muscles se renforcent de manière locale lorsqu'ils sont sollicités, la masse osseuse se développe surtout autour des articulations mises en jeu par l'activité physique. Par exemple, un joueur de tennis droitier va accroître sa densité osseuse dans le bras droit. La course à pied va surtout agir au niveau des jambes.

Un grand nombre d'activités physiques produisent une action favorable sur le squelette en augmentant la densité osseuse. Il s'agit en particulier des sports de force. Au contraire, les sports d'endurance, surtout lorsqu'ils sont extrêmes, risquent de provoquer une fragilisation plutôt qu'un renforcement osseux. Bennell soulève plusieurs pistes pouvant expliquer ce problème(7.21):

- \_ un apport en calcium inadéquat; \_ surtout vis-à-vis des pertes accrues;
- \_ un trop faible apport énergétique;\_ un faible pourcentage de graisse;
- \_ des fluctuations hormonales peu favorables aux os.

Outre l'augmentation de son apport calorique, trois types de suppléments se distinguent ici: le calcium, la vitamine D et les protéines.

Des joueurs de basket universitaires ont été suivis sur une période de deux ans (7.22). Chaque séance d'entraînement a induit une perte de 422 mg de calcium par l'intermédiaire de la transpiration. Ces pertes accrues se sont traduites par une déminéralisation osseuse de 6 % sur une saison. La perte a dépassé les 10 % au niveau des cuisses. Lorsque leur apport en calcium a été porté à 2 g par jour, cette déminéralisation a été prévenue et l'os renforcé. La supplémentation accroît aussi le gain de masse musculaire; cette action du calcium pourrait s'expliquer par une action inhibitrice de la sécrétion de PTH .

La prise de calcium sous forme liquide juste avant et durant un effort d'endurance d'une heure à 80 % de la V02 max. par des tri athlètes masculins de haut niveau réduit l'incidence des perturbations osseuses qui débutent pendant l'effort et qui se poursuivent ensuite (7.23).



Afin de renforcer l'ossature, le calcium a besoin de vitamine D pour une action optimale. Or, nombre de sportifs souffrent d'un déficit de vitamine D (7.24). Cette « vitamine du soleil » ne contribua pas seulement à protéger l'ossature, elle aide aussi à réduire les douleurs musculaires et donne de la force (7.25).

Ballard montre que l'augmentation de l'apport en protéines de 1,1 g par kg à 2,2 g par des hommes et des femmes jeunes suivant un programme de musculation et de cardio pendant six mois est associée à un plus grand renforcement de la densité osseuse que le groupe resté à 1,1 g (7.26) .

## Chapitre 6 Les suppléments amincissants

Il faut bien vous rendre compte que si vous avez accumulé des excès caloriques pendant cinq, dix ou vingt ans, il ne sera pas possible de rétablir les choses en une ou deux semaines. Les personnes attendant des formules miracles sont des proies faciles pour les vendeurs de suppléments ou de régimes « révolutionnaires ».

La nature a placé de nombreux obstacles entre vous et la perte de graisse. Les compléments alimentaires ont pour objectif de faciliter le franchissement de ces obstacles. Ceci veut dire qu'aucun supplément ne fera le travail pour vous: ils ne feront que vous aider. Votre meilleure arme contre les kilos, outre de bonnes connaissances en diététique, est votre volonté. Il faut la trouver au plus profond de vous-même, tout en gardant à l'esprit que la nature va tout faire pour vous saper le moral au fil des jours.

### TOUS LES RÉGIMES MARCHENT DANS UN PREMIER TEMPS

Il faut savoir que dans un premier temps, tous les régimes sont efficaces pour perdre du poids. Mais il ne faut pas confondre perte de poids, et perte de graisse. Toutes les pertes de poids ne sont pas induites par une fonte des réserves adipeuses. Une restriction calorique va mécaniquement réduire votre poids. Ceci s'explique par une double action:

- \_ le système digestif va progressivement se vider;
- \_ la rétention d'eau corporelle va s'amoinrir du fait d'une diminution des réserves en glycogène (glycogène qui retient de l'eau dans les muscles).

Passé les premières semaines, les choses se compliquent.

### LE PAS DE 2 DANS L'ELIMINATION DES KILOS

L'élimination des kilos gras se déroule en deux temps:

- \_ Il faut d'abord que les graisses soient mobilisées, c'est à-dire qu'elles sortent de leurs réserves (les adipocytes). C'est l'adrénaline et la noradrénaline (deux hormones appartenant à la classe des catécholamines) qui en agissant sur les récepteurs bêta adrénergiques se chargent de mobiliser les graisses.
- \_ Les acides gras vont alors se retrouver dans le sang et y circuler jusqu'à ce qu'ils soient happés par des tissus (muscles, foie) qui s'en servent comme carburant. Une fois dans les tissus « consommateurs », les acides gras sont oxydés, c'est-à-dire transformés en énergie.

Les recherches médicales ont montré que moins d'un tiers de la graisse mobilisée est effectivement oxydé. Les deux tiers des acides gras vont retourner de là où ils viennent: le tissu adipeux. Le facteur limitant du régime se situe donc au niveau de l'oxydation des graisses, c'est-à-dire en la capacité du corps à utiliser comme carburant les lipides plutôt que les glucides ou les protides. Si le corps ne parvient pas à bien utiliser ses graisses afin de compenser le déficit énergétique, il va s'ensuivre une fatigue et une augmentation de l'appétit.

En effet, les recherches suggèrent l'existence d'une relation inverse entre les capacités d'oxydation du corps et l'appétit. Plus ces capacités sont élevées, plus l'appétit décroît. Au contraire, les difficultés à brûler la graisse sont associées avec une plus grande efficacité de stockage adipeux et un appétit accru. La pratique régulière d'une activité physique aérobie va progressivement accroître les capacités oxydatives des muscles, ce qui va faciliter d'autant le régime.

## LUTTER CONTRE LES SIX PROBLÈMES LIÉS AU RÉGIME

### 1 la chute du métabolisme

La pénurie énergétique du régime se traduit rapidement par une réduction de nos dépenses caloriques. On parle alors de diminution du métabolisme. Le moyen utilisé par le corps afin de réduire les dépenses énergétiques est de restreindre la production des hormones thyroïdiennes. Cette baisse du niveau d'activité de la thyroïde engendre une réduction de la température corporelle. Un peu comme si vous réduisiez la température du thermostat de votre chauffage afin d'alléger votre facture énergétique. Concrètement, vous le ressentez du fait d'une plus grande frilosité. L'étude SU.VI.MAX montre que l'activité thyroïdienne des Français n'est déjà à pas très vigoureuse, même sans régime. Une baisse supplémentaire d'activité thyroïdienne va s'avérer très contre-productive dans le régime. Certains suppléments sont promus comme capables de réactiver le métabolisme. Il s'agit surtout des plantes thermogéniques stimulantes.

### 2 utilisation réduite des graisses

En agissant sur les récepteurs bêta adrénergiques, la noradrénaline et l'adrénaline expulsent les graisses du tissu adipeux, mais plus le régime avance, moins la sécrétion de ces hormones lipolytiques (mobilisatrices des graisses) est importante. La noradrénaline semble plus affectée que l'adrénaline. En seulement quatre semaines de régime, des baisses importantes de

ces deux catécholamines peuvent être observées. Cette détérioration se traduit par de la fatigue. La pratique de l'exercice physique en plus du régime est un moyen de relancer la sécrétion des catécholamines. La prise de thermogéniques a aussi pour objectifs de favoriser leurs sécrétions.

### 3 Augmentation de l'appétit

Avec l'installation de la fatigue et de l'irritabilité, l'envie de manger est grandissante. Vous vous retrouvez alors dans une situation impossible à gérer qui explique la grande majorité de l'insuccès des régimes. Il s'ensuit souvent une reprise de poids importante ainsi qu'une culpabilisation. En fait, vous avez trop sollicité votre corps. Certains suppléments peuvent vous aider à diminuer cette sensation de faim, mais uniquement dans le cadre d'un régime modéré et raisonnable.

Outre une mauvaise capacité à compenser le déficit énergétique par son carburant gras, une augmentation de l'appétit peut aussi avoir pour origine des carences micronutritionnelles. C'est pour cette raison qu'une supplémentation en vitamines et minéraux doit être envisagée.

### 4 Perte de masse maigre

Friedlander rapporte une perte de près de 4 kg chez des hommes normaux suite à un régime de 21 jours ayant diminué l'apport calorique de 40 % (8.1). Presque la moitié de ce poids est constituée de muscle et de masse osseuse. Le métabolisme de base a diminué de 10 %. Les pertes de masse maigre chez les femmes sont en général plus importantes que celles des hommes.

Les pertes de muscle sont directement liées à la réduction calorique ainsi qu'à l'incapacité de bien utiliser ses graisses. Le risque de perte de masse osseuse durant un régime s'explique de plusieurs façons (8.2):

- \_ la sécrétion des hormones qui favorisent l'ossature tend à baisser;
- \_ la production des hormones détruisant l'os augmente; \_ l'apport en calcium diminue;
- \_ notre capacité digestive à assimiler le calcium se réduit.

La prise de calcium et de protéines aidera à préserver sa masse maigre.

## 5 Déséquilibre acido-basique

Lors d'un régime, la sortie massive d'acides gras du tissu adipeux va acidifier le sang. Les régimes amincissants hyperprotéinés, s'ils sont les plus efficaces, vont aussi précipiter de l'acide dans le sang. La réduction de l'apport en glucides accentuera encore ce phénomène. L'équilibre acide-basique du sang va donc être modifié par le régime. En effet, dans un milieu acide, l'élimination des graisses est ralentie alors que la fonte musculaire est favorisée. L'ajout de bicarbonate de sodium permet de rééquilibrer le pH sanguin, ce qui va se traduire par un moindre catabolisme musculaire et osseux ainsi qu'une accélération de la fonte adipeuse.

## 6 Troubles Cardiovasculaires

Le surpoids est souvent associé à une augmentation des risques cardiovasculaires. Un régime basses calories devrait remédier à ce problème. Pourtant, un régime peut paradoxalement élever la concentration plasmatique d'homocystéine (un acide aminé soufré dont l'augmentation est un facteur de risque d'accidents cardiovasculaires). La prise de trois vitamines (acide folique, vitamine B12, vitamine B6) durant le régime permet de prévenir cette hausse et de la transformer en baisse (8.3).

## LES SUPPLÉMENTS THERMOGÉNIQUES STIMULANTS

Il s'agit de la classe des suppléments les plus utilisés pour le régime. Si leur caractère stimulant est recherché. Notez que les suppléments thermogéniques seront d'autant plus efficaces que vous pratiquez une activité physique régulière. L'une des raisons pourrait être l'augmentation de la densité des récepteurs bêta adrénergiques et une diminution des récepteurs alpha 2 adrénergiques.

### Caféine

On la trouve pure ou sous forme de plante (par exemple le guarana en contient de 3 à 8 %). Chez des hommes, la prise de 200 mg de caféine augmente le métabolisme de base (donc le niveau des dépenses caloriques) de 7 % sur trois heures (8.4). Elles augmentent également la température corporelle, ce qui explique une partie du gaspillage énergétique. Enfin elle aide à la mobilisation des graisses ainsi qu'à l'oxydation d'une partie d'entre elles. Chez l'homme comme chez la femme, la caféine engendre plus d'effets amincissants chez les jeunes que chez les sujets plus âgés. Les sportifs en tirent plus de bénéfices anti-graisse que les sédentaires. Lopez-Garcia montre, grâce au suivi de près de 30 000 individus sur une période de douze

ans, que les sujets ayant une consommation de caféine en hausse ont pris moins de poids que les personnes ayant diminué leur consommation (8.5). Ceci est particulièrement marqué chez les hommes jeunes et chez les femmes en surpoids, surtout si elles fument.

### Maté

Le maté ou yerba maté est riche en matéine, une substance proche de la caféine. L'avantage du maté est qu'il tend à réduire la fréquence cardiaque alors que beaucoup de stimulants amincissants produisent l'effet inverse. La prise de 1,5 g de maté augmente la part des graisses dans la consommation énergétique, mais pas les dépenses caloriques totales (8.6). Au contraire, 2,7 g de guarana (dosé à 4 % de caféine) augmentent les dépenses caloriques, mais en diminuant la part des graisses oxydées. Il existe donc une complémentarité entre ces deux plantes. Chez les sujets sains, la prise de maté (336 mg)+ du guarana (285 mg) allonge la durée de la vidange gastrique de 53 %, ce qui va réduire la vitesse de digestion ainsi que l'envie de manger (8.7). Durant 45 jours, la prise de cette combinaison s'est faite en trois fois avant les principaux repas. Elle s'est traduite par une perte de poids de 5 kg contre 300 g avec un placebo. La prolongation de la prise sur un an n'augmente plus les pertes de graisses, mais est associée à une stabilisation du poids.

### Thé vert

Le thé vert ressemble beaucoup dans ses effets à une caféine atténuée. Il est d'ailleurs probable qu'une des actions amincissantes du thé vert puisse être attribuée à la caféine. Si le thé reste vert, c'est que, contrairement au thé noir, il n'est pas fermenté. Le thé vert est un peu moins riche en caféine (moins de 2,6 g par 100 g d'extrait sec) que le thé noir (plus de 3,5 g par 100 g), mais nettement plus riche en catéchines (12 g contre 2 g par 100 g). Les catéchines sont probablement les molécules qui expliquent une partie importante de l'action thermogénique et anti-graisse du thé vert. Chez des hommes, une prise de thé vert matin, midi et soir apportant 150 mg de caféine+ 375 mg de catéchines augmente le niveau des dépenses caloriques de 4 % sur 24 heures (8.8). Lorsque ces mêmes sujets ont utilisé les 150 mg de caféine seule, aucune action sur les dépenses caloriques n'est détectée. Ceci met en évidence l'action originale des catéchines. Il faut de 600 mg à 1 g de caféine pour reproduire cette action du thé vert. Par contre, il semble exister une synergie entre les catéchines et la caféine, ce qui explique pourquoi il est fréquent de trouver des suppléments qui combinent le thé vert avec du guarana par exemple.

Chez des patients modérément obèses, la prise de thé vert riche en catéchines durant trois mois permet une perte de poids moyenne de 4,6 % (8.9). Ce que plusieurs études mettent en évidence est que cette perte de poids se localise préférentiellement autour de la taille. Ici, le tour de taille a diminué de 4,5 %. Pourtant, chez des femmes en surpoids suivant un régime, la prise de thé vert n'accroît pas la perte de poids par rapport à un placebo (8.10). Cela pourrait s'expliquer par l'augmentation de l'appétit des sujets sous thé vert.

Citrus aurantium (fleur d'oranger amer)

Citrus aurantium contient de nombreux principes actifs capables d'expliquer son action sur la perte de graisse. Le principal est la synéphrine (molécule proche de l'adrénaline). Il contient aussi de l'octopamine (molécule proche de la noradrénaline). Citrus aurantium va ainsi produire des effets sur le cœur et sur la pression artérielle. Les individus connaissant des troubles cardiaques doivent l'éviter. Le manque d'étude ayant évalué son action anti-graisse ainsi que son risque potentiel pour la santé incite à la prudence quant à son utilisation.

Lorsque nous mangeons, une partie des calories ingérées est gaspillée sous forme de chaleur. Plus cette part gaspillée est importante, plus il est facile de garder la ligne. Or, chez les femmes, cette thermogenèse est réduite de 25 % par rapport à celle des hommes. Elle n'élimine que moins de 9 % des calories ingérées contre 11 % pour les hommes. La prise de Citrus aurantium (apportant 26 mg de synéphrine) permet aux femmes d'atteindre le taux de gaspillage calorique des hommes. Par contre, chez ces derniers, Citrus aurantium n'accroît pas ce gaspillage s'il est pris au moment du repas. Utilisé en dehors des repas, Citrus aurantium induit deux fois plus de gaspillage calorique chez les hommes que chez les femmes. Les hommes ont donc intérêt à utiliser cette plante hors des repas alors que les femmes peuvent la prendre avant ceux-ci.

Colker a évalué l'impact d'une combinaison de 975 mg de Citrus aurantium + 528 mg de caféine + 900 mg de millepertuis chez des personnes ne consommant que 1800 calories par jour durant six semaines(8.11). Trois entraînements physiques hebdomadaires de 45 minutes étaient effectués. Grâce à la combinaison de plantes, les sujets ont éliminé 3 kg de graisse, contre presque rien sous placebo. Le niveau des dépenses caloriques sous placebo diminue de 3 % du fait du régime, alors qu'il augmente de 3 % grâce aux plantes. Aucun effet secondaire n'est relevé par les chercheurs. Le Millepertuis étant très controversé dans son efficacité, il n'a pas sa place comme supplément anti-graisse.

## Forskoline

Extraite d'une plante appelée *Coleus forskoli*, la forskoline stimule l'activité d'une enzyme capable d'accroître le niveau d'AMPc (l'adénosine monophosphate cyclique). C'est l'AMPc qui va commander la sortie des acides gras du tissu adipeux. Peu d'études publiées ont examiné l'action de la forskoline. Godard a administré 250 mg de *Coleus forskoli* (apportant 10 % de forskoline) deux fois par jour pendant douze semaines à des personnes en surpoids(8.12) .

Le groupe sous forskoline a perdu en moyenne 4,5 kg de graisse, contre seulement 500 g pour les individus sous placebo.

## La Yohimbine

Les dépôts graisseux résistants aux régimes se caractérisent par une faible densité en récepteurs bêta adrénergiques et par une concentration importante en récepteurs empêchant la mobilisation adipeuse. Ces derniers sont principalement de deux ordres: les récepteurs alpha 2 adrénergiques et les récepteurs d'adénosine.

Afin de favoriser la lipolyse, il convient de bloquer ces récepteurs grâce à des suppléments appropriés. Une activité physique régulière et un régime peuvent déjà tendre à atténuer l'effet protecteur des récepteurs alpha 2. Pour certaines personnes, cela ne suffira pas, d'où la popularité des suppléments qui ciblent les « zones difficiles». La yohimbine en est le chef de file grâce à sa capacité d'inhibition des récepteurs alpha 2. La caféine, elle, bloque les récepteurs d'adénosine, bien qu'une action sur les alpha 2 soit également suggérée.

La yohimbine est extraite de l'écorce du yohimbe, un arbre africain. Les extraits devraient renfermer entre 1 et 4 % de yohimbine, c'est-à-dire de substance active capable d'interagir avec les récepteurs alpha 2. La mobilisation des graisses, particulièrement dans les zones difficiles comme le haut des cuisses, les hanches et les fesses est alors favorisée. Les recherches ont aussi montré que les graisses sous-cutanées, c'est-à-dire celles qui sont les plus visibles, renferment deux fois plus de récepteurs alpha 2 que les dépôts graisseux plus profonds donc moins gênants sur le plan esthétique (8.13). La yohimbine stimule aussi la sécrétion de noradrénaline, hormone qui provoque la mobilisation et l'oxydation des graisses. En agissant comme vasodilatateur des vaisseaux sanguins qui irriguent le tissu adipeux, la yohimbine facilite la lipolyse. En effet, plus le flux sanguin est important dans les réserves graisseuses, plus ces dernières sont capables d'expulser les acides gras. Au contraire, les



dépôts graisseux les moins bien irrigués seront ceux qui capteront le plus les graisses et qui se développeront le plus rapidement (8.14). La yohimbine pourrait également agir comme réducteur de l'appétit.

La yohimbine tend aussi à accroître la sécrétion d'insuline, surtout lorsqu'elle est utilisée avec des aliments. Or, l'insuline inhibe la mobilisation et l'utilisation des graisses, contrecarrant les effets recherchés. C'est pour cette raison qu'il est souvent recommandé de la prendre à jeun avant un effort (8.15). En effet, la yohimbine accroît les dépenses caloriques liées à l'exercice, probablement du fait de son action thermogénique. Kucio a montré que la prise de 5 mg de yohimbine quatre fois par jour durant trois semaines de régime à 1 000 calories par jour a permis une perte de 3,5 kg, contre seulement 2,1 kg pour le groupe régime+ placebo(8.16).

### Précautions d'emploi

faut faire attention car :

\_beaucoup d'extrait d'écorce sont loin de contenir la quantité de yohimbine promise. Certains suppléments n'en contiennent pas du tout(8.17).

\_elle provoque des problèmes cardiaques et vasculaires, anxiété et tremblements donc à ne pas prendre le soir. Celle-ci comportent beaucoup d'interactions médicamenteuse avec les anti-dépresseurs et les hypotenseurs.

\_Donc bien qu'issue d'une plante la yohimbine n'est délivrée que sur ordonnance.

## LES SUPPLÉMENTS « THERMOGÉNIQUE NON STIMULANTS

### Le pyruvate et la perte de masse grasse

Des travaux ont montré que le pyruvate exogène améliorait la perte de masse grasse lorsqu'il était associé à un régime hypocalorique. Chez des femmes obèses sous surveillance métabolique qui ne consommaient quotidiennement que 1000 kcal sous forme liquide (68 % de glucides, 22 % de protéines et 10 % de lipides), l'addition de pyruvate (20 g de pyruvate de sodium+ 16g de pyruvate de calcium représentant 13 % des apports énergétiques) pendant 3 semaines a entraîné une perte de poids (6,5 kg) et une perte de masse grasse (4,4 kg) plus importantes que dans le groupe témoin (4,75 kg et 3 kg respectivement). Ce dernier avait le

même régime alimentaire que le groupe expérimental mais le pyruvate a été remplacé par une quantité énergétique équivalente (13%) de glucose. Des études avaient montré que l'addition de composés à trois carbones tels que le dihydroxyacétone et le pyruvate à un régime alimentaire hypocalorique favorisait la perte de poids et de masse grasse (sans augmentation de l'élimination d'azote) quand on les substituait au glucose à six carbones d'une alimentation normale. L'inhibition de gain de poids et de masse grasse observée initialement chez des animaux en croissance lors d'une substitution nutritionnelle à l'aide de composés à trois carbones a montré que le pyruvate aurait des effets plus importants que le dihydroxyacétone. Le rôle précis du pyruvate dans la facilitation de la perte de poids demeure inconnu. La consommation de pyruvate stimulerait une petite augmentation de l'activité métabolique d'un cycle futile (métabolisme qui ne produit pas d'ATP) avec une perte d'énergie non négligeable.

La consommation de 30 à 100g de pyruvate provoque des effets secondaires négatifs tels que diarrhées, gargouillis et désordres gastro-intestinaux. Jusqu'à ce que d'autres études menées par des laboratoires indépendants viennent confirmer les résultats existant sur l'amélioration de la performance et la perte de masse grasse, les conclusions sur l'efficacité de la supplémentation en pyruvate doivent être considérées avec prudence.

## Le calcium

Minéral trouvé en particulier dans les produits laitiers. Il y a encore dix ans.

Ce sont les travaux publiés par Zemel qui ont présenté le calcium comme pouvant posséder une action de fond sur l'adiposité(8.18). Zemel commence par remarquer que l'accumulation intracellulaire de calcium dans les cellules graisseuses freinait la fonte des adipocytes tout en renforçant leur capacité à s'hypertrophier. Ce qui peut apparaître paradoxal. C'est qu'une alimentation pauvre en calcium provoque une augmentation de calcium dans les adipocytes. Au contraire, un apport important en calcium diminue la concentration de ce minéral dans les cellules graisseuses. Zemel explique ce paradoxe par l'impact hormonal du calcium. Suite à un apport calcique faible, le niveau de deux hormones augmente: celui de la parathormone (ou PTH) et celui du calcitriol. La hausse du niveau de ces deux hormones pourrait expliquer l'augmentation intracellulaire de calcium dans les cellules adipeuses. La prise de calcium produit l'effet inverse, diminuant les niveaux de PTH et de calcitriol. Le niveau de calcium intracellulaire dans les adipocytes retombe. Leur fonte se trouve facilitée alors que leur croissance est entravée. Le calcium pourrait aussi inhiber l'absorption des graisses alimentaires. C'est dans une étude sur l'hypertension publiée en 1990 que Zemel remarque

pour la première fois que l'augmentation de l'apport quotidien en calcium (passant, de 400 à 1 000 mg) permet de produire une perte de graisse d'environ 5 kg sur un an. Il confirme ces résultats lors de plusieurs études effectuées chez des personnes suivant un même régime hypocalorique, mais recevant des apports calciques différents.

Une consommation plus importante de calcium est associée à une plus grande perte de graisse (surtout dans les dépôts situés autour de la taille) et une meilleure préservation de la masse maigre (8.19). Par contre, l'action bénéfique du calcium paraît plafonner au-delà d'un apport quotidien de 800 mg chez des sédentaires (8.20).

(8.21) Lelovics montre que les individus en surpoids ont tendance à consommer moins de calcium que les autres du fait de leur choix alimentaire qui se porte plus volontiers vers les sucreries et les produits gras. Il en est de même pour l'apport en magnésium. L'auteur conclut que la prise de calcium doit s'accompagner d'un accroissement parallèle de l'apport en magnésium afin de ne pas créer de déséquilibre.

#### Efficacité réelle du calcium

Pourtant, de plus en plus de voix s'élèvent contre les conclusions de Zemel et surtout l'exploitation commerciale qui en est faite par l'industrie laitière (8.22). Il faut dire que les études de Zemel sur la connexion obésité/calcium ont largement été financées par cette même industrie.

(8.23) Melanson apporte un éclairage nouveau à cette controverse. Il montre qu'une alimentation apportant quotidiennement 1,4 g de calcium n'influence pas plus le rythme de l'oxydation des graisses qu'un apport de 500 mg. Mais lorsque les sujets consomment moins d'énergie qu'ils n'en dépensent du fait d'une réduction alimentaire combinée à un effort physique, l'utilisation des graisses est bien meilleure grâce à un apport élevé de calcium. Ce dernier n'a produit aucun effet sur la perte de poids durant le régime. Par contre, la stabilisation du poids dans les trois mois qui ont suivi le régime a été meilleure chez les personnes qui avaient pris le calcium durant la restriction calorique.

## Calcium et perte osseuse

Au-delà de cette controverse, le calcium joue un rôle très important pour contrecarrer la perte de masse osseuse souvent constatée au régime. Cette perte osseuse peut suivre un régime avec ou sans supplémentation de calcium à hauteur d'1 g par jour durant trois mois (8.24). La supplémentation en calcium a empêché une partie importante de la fonte osseuse. L'auteur conclut que les besoins en calcium sont accrus lors d'un régime. En effet, une étude effectuée chez des femmes ménopausées en surpoids montre que l'assimilation du calcium alimentaire n'est pas bonne lors d'un régime. Il en résulte une mauvaise couverture des besoins chez les sujets n'ingérant qu'un seul gramme de calcium par jour (8.25). Il a fallu monter à un apport quotidien de 1,8 g par jour pour que ces femmes couvrent leurs besoins.

## RÔLE DE LA L-CARNITINE DANS LA PERTE DE GRAISSE

La carnitine joue un rôle essentiel dans l'oxydation des graisses. C'est elle qui permet le transport des molécules de graisse au sein des tissus afin qu'elles puissent être converties en énergie (brûlées). Le problème est de savoir si un apport extérieur en carnitine est capable d'accélérer ce phénomène, et donc d'accentuer la perte de poids? Chez des personnes en surpoids ne suivant pas de régime, la prise de 3 g de L-carnitine durant dix jours augmente légèrement la part des graisses utilisées comme carburant (8.26). Encore faut-il que cette action se transforme, à terme, en perte de poids effective. À ce sujet, les résultats des études sont très contradictoires. (8.27) Villani ne détecte aucune accélération de la perte de graisse chez des femmes en surpoids utilisant 2 g de L-carnitine, deux fois par jour durant huit semaines en plus d'un programme d'entraînement (30 minutes de marche quatre fois par semaine).

(8.28) Schaffhauser rapporte des résultats différents obtenus chez des personnes obèses. Durant quatre semaines, ces dernières ont suivi un régime (1 200 calories par jour) associé à des exercices physiques et à 3 g de L-carnitine ou un placebo. La perte de poids s'est avérée 30 % supérieure sous carnitine.

Chez des basketteurs de haut niveau, la prise de 2 g de L-carnitine sous forme liquide trois heures avant l'entraînement durant huit semaines permet d'abaisser le pourcentage de graisse corporelle de 2,5 % (8.29). Dans le même temps, le niveau d'adiposité des joueurs sous

placebo ne varie pas. La carnitine a produit le plus d'effet chez les joueurs les plus gras (pourcentage de graisse de 17 à 20 %) alors qu'elle n'a pas produit d'effet chez les joueurs les plus secs (8 à 12 % de graisses). Cette perte adipeuse se traduit par un accroissement des performances physiques supérieur à celui noté sous placebo.

Une restriction énergétique, même légère, surtout si elle est couplée avec un peu d'exercice, accroît les pertes urinaires de carnitine. Un régime très basses calories, particulièrement s'il est dépourvu de viande, risque d'abaisser les niveaux de carnitine. C'est dans ce cas de figure d'un apport non optimal que la supplémentation s'avérera la plus bénéfique. Il ne faut pourtant pas s'imaginer que le seul fait de prendre de la carnitine va induire une perte de poids. La carnitine ne fera, au mieux, que seconder vos efforts aussi bien alimentaires que sportifs. Par contre, la supplémentation en carnitine pourrait produire une action délétère au niveau thyroïdien ce qui ne va pas faciliter l'amincissement.

## LES ACIDES GRAS ESSENTIELS

Leur apport est primordial, surtout lors d'un régime. Les besoins en oméga 3 semblent même accrus par le régime, car notre corps les utilise de manière préférentielle pour les transformer en énergie l'étude (8.30) montre que la prise quotidienne de 6 g d'huile de poisson par des volontaires mangeant normalement pendant trois semaines favorise la perte de graisse et l'oxydation des lipides. Jones (1988) avait déjà montré qu'une augmentation de la proportion des acides gras polyinsaturés facilite l'usage des graisses comme carburant.

La prise de 4 g d'oméga 3 (1,6 g d'EPA + 800 mg de DHA) durant six semaines par des personnes sédentaires augmente légèrement la masse maigre tout en diminuant la masse grasse. Ces changements semblent s'expliquer par la baisse du niveau de cortisol notée suite à la prise des oméga 3 (8.31).

L'entraînement musculaire engendre des microtraumatismes qui provoquent une cascade inflammatoire, responsable de la sensation retardée que sont les « courbatures ». Cette réaction inflammatoire est généralement forte et disproportionnée. Les oméga-3 sont capables de réguler la production des cytokines (les médiateurs de l'inflammation) pour les rendre plus précises et plus efficaces. Ainsi, les oméga-3 sont capables de réduire l'ampleur des courbatures et d'accélérer leur disparition, c'est-à-dire d'améliorer la récupération. Ceci est cohérent avec le fait que plusieurs études ont montré un rôle anti-catabolique des oméga-3 chez les personnes atteintes de cachexie (forme de dénutrition que l'on retrouve dans des

maladies graves comme le cancer). Au-delà du bénéfice sur le muscle lui-même, les oméga-3 présentent de nombreux avantages pour le sportif et en particulier pour la pratique de la musculation. En effet, ces acides gras sont capables d'augmenter la lipolyse, c'est-à-dire la capacité à utiliser les graisses pour fournir de l'énergie. Néanmoins les oméga-3 n'augmentent pas la dépense énergétique de manière significative, ils influencent plutôt la répartition masse maigre/masse grasse : en favorisant l'utilisation des graisses pour fournir de l'énergie, on épargne alors des protéines, ce qui se traduit finalement à long terme par des gains de masse maigre. De plus, ils augmentent l'utilisation des graisses viscérales, aidant ainsi à maintenir un ventre plat toute l'année. Ces effets ont été confirmés dans des études récentes qui montrent que l'on peut qualifier les oméga-3 d'anti-cataboliques d'une part (ils diminuent la perte de muscle) et d'anaboliques d'autre part (ils favorisent la construction musculaire). Bien entendu à cela s'ajoute le bénéfice cardiovasculaire connu depuis bien plus longtemps. Les oméga-3 seront donc un atout précieux tout au long de l'année, aussi bien en période de prise de poids qu'en période de perte de poids. nos besoins en oméga-3 dépendent de notre alimentation. Toutefois on peut estimer qu'une supplémentation moyenne à hauteur de 1200 mg d'EPA et 600 mg de DHA soit adaptée pour la plupart des personnes en bonne santé. Cette dose pourra être augmentée (en particulier en période de régime) ou diminuée selon les effets ressentis. Une dose limite supérieure à partir de laquelle les inconvénients l'emporteraient sur les avantages n'a pas encore été déterminée.

les apports en oméga-3 (EPA et DHA) dans une population d'Eskimos Yupik montrent que les bénéfices sur la santé seraient proportionnels aux doses ingérées, même lorsqu'elles sont considérablement importantes. Il convient avant tout d'éviter absolument les suppléments de type mélange d'oméga-3, 6, 9 : ces produits contiennent des oméga-3 mais également des oméga-6, or nous avons vu que notre consommation d'oméga-6 est trop importante et que ces derniers sont en compétition avec les oméga-3 dans notre organisme. Les oméga-3 peuvent apporter des bénéfices visibles par exemple diminution des courbatures, amélioration de l'humeur et du sommeil, nous l'avons vu et des bénéfices invisibles (diminution du risque de troubles cardiovasculaires). Certains de ces bénéfices peuvent se manifester très rapidement, en quelques jours, mais sachez que la plupart des effets s'exerceront après un certain délai, le temps nécessaire pour que les oméga-3 soient correctement intégrés dans les membranes cellulaires et en particulier dans les monocytes circulants. Cette incorporation s'observe à partir de la sixième semaine de supplémentation et est maximale au bout de dix semaines.

Les oméga-3 sont des acides gras polyinsaturés à très longue chaîne. Cette longueur est également à l'origine de leur fragilité. C'est pourquoi ces graisses doivent être conservées à l'abri de la lumière et de la chaleur. L'endroit idéal pour conserver vos gélules ou vos bouteilles est donc le frigo. Aux doses usuelles recommandées, les effets secondaires suivants ont parfois été rapportés : diarrhée, indigestion, maux de tête, sensation d'ébriété, haleine désagréable. La plupart des effets secondaires digestifs pourront être réduits ou éliminés en prenant les gélules au cours des repas.

À doses plus élevées, les oméga-3 pourraient augmenter le risque de saignements et d'hémorragies. Toutefois, en pratique cet effet concerne plutôt les personnes ayant déjà naturellement le sang très fluide ou des problèmes de coagulation.

Des précautions sont néanmoins nécessaires lors de la prise concomitante de médicaments ayant un effet sur la fluidité du sang. Citons notamment les anticoagulants tels que la warfarine ou les anti-inflammatoires comme l'aspirine ou l'ibuprofène.

## Le CLA

Le CLA (acide linoléique conjugué) est admirablement efficace pour éliminer la graisse chez les souris et les rats. Il vide les réserves adipeuses allant même jusqu'à détruire les adipocytes. Le CLA prévient aussi la prise de poids même en cas de suralimentation. Malheureusement, même si quelques recherches montrent une certaine efficacité chez l'homme, ce n'est pas le cas de la majorité des études (8.32). Larsen a analysé l'impact de 3,4 g de CLA ou d'un placebo chez des personnes obèses venant de perdre du poids suite à un régime. Il ne trouve aucune différence au niveau de la reprise de poids et de graisse entre le groupe sous placebo ou sous CLA. L'une des hypothèses émises pour expliquer l'inefficacité du CLA chez l'homme serait que les suppléments de CLA ne contiennent pas les bons isomères c'est-à-dire la sous-catégorie de CLA la plus active (8.33). De plus, il semble que des effets secondaires indésirables comme des perturbations du cholestérol ou de l'insuline, pourraient résulter de l'usage prolongé du CLA.

## RÔLE DES ANTIOXYDANTS DANS LA PERTE DE GRAISSES

L'augmentation des défenses antioxydantes induite par l'exercice modéré pourrait expliquer une partie de l'effet bénéfique de l'adjonction du sport à un régime. Durant deux ans, mille personnes ont suivi un régime hypocalorique pauvre en graisses ou fait du sport avec ou sans régime (8.34). Il en ressort que:

- \_ le régime seul est plus efficace pour perdre du poids que la pratique régulière d'une activité aérobic modérée seule;
- \_ les hommes réussissent à perdre du poids grâce à l'exercice;
- \_ cette tendance est moins nette chez les femmes:
- \_ le régime s'avère d'autant plus efficace qu'il a été couplé avec une activité physique;
- \_ chez les femmes, une synergie régime/sport est détectée, c'est-à-dire que leur perte de poids est supérieure à la simple addition des effets du régime avec les effets de l'exercice.

Des recherches récentes montrent que le fait de moins générer de radicaux libres chez les sportifs joue un rôle important dans l'amélioration de la réponse thermogénique à l'effort. Au contraire, la réponse thermogénique chez les personnes en surpoids est atténuée, car leur production de radicaux libres est plus importante que la moyenne (8.35). Ces découvertes suggèrent, mais sans en apporter une preuve formelle, que l'effet du régime pourrait être accentué par une prise d'antioxydants.

### Vitamine C

La vitamine C est un exemple d'antioxydant possédant des propriétés « anti-graisses ». Chez des personnes déficientes en vitamine C, l'oxydation des graisses durant un exercice de marche est réduite de 30 % (8.36). La fatigue se manifeste plus tôt que chez une personne en ayant un niveau normal. La prise de vitamine C augmente l'efficacité du travail musculaire de 14 %. Chez des individus obèses, la prise de 3 g de vitamine C durant six semaines permet une perte de poids de 2,5 kg, contre 1 kg seulement dans le groupe placebo (8.37). Outre son action antioxydante, la vitamine C semble agir comme un régulateur du niveau de carnitine dans les muscles. En cas de diminution du niveau de vitamine C, la carnitine semble moins à même de passer du sang au muscle (là où elle produit son action sur les graisses).



## La Naringine

C'est un antioxydant que l'on trouve dans la plupart des agrumes, dans le pamplemousse par exemple. La naringine est utilisée afin d'accroître l'absorption de certains médicaments. On la trouve parfois associée à la caféine pour améliorer l'activité de cette molécule. (8.38) Ballard a étudié l'interaction entre la naringine et la caféine. Il a administré 200 mg de caféine avec ou sans naringine (200 mg) à des sujets en bonne santé. La caféine augmente les dépenses énergétiques au repos de 10 % durant 4 heures après la prise. L'élévation est nettement moindre lorsque la naringine est adjointe à la caféine. L'interaction paraît plutôt négative que positive. (8.39) Jung montre que la prise quotidienne de 400 mg de naringine chez des sujets ayant un cholestérol trop élevé abaisse son niveau de 14 % et produit une légère action antioxydante. Mais chez les sujets normaux, aucune activité anti-oxydante n'est détectée.

## LES COUPE-FAIM

### Aspartame

Cet édulcorant à base d'acides aminés (l'ester méthylique du di peptide L-aspartyl-L-phénylalanine) va se transformer en aspartate, phénylalanine et méthanol dans notre corps. L'édulcorant que l'on trouve dans le commerce se compose à 3 % d'aspartame et à 97 % de maltodextrine, un sucre. Cela fait plus de vingt ans que l'aspartame est utilisé comme «faux» sucre. Beaucoup d'accusations ont été formulées à son encontre. Il est censé donner le cancer ou induire diverses tumeurs, particulièrement au cerveau. Butchko pense que son évaluation toxicologique a été largement faite et que l'aspartame ne pose pas de problèmes de santé. Par contre, il semble bien exister des cas d'allergies chez des personnes sujettes à ce genre de problèmes. La phénylalanine est un précurseur d'un neurotransmetteur, la noradrénaline. Un apport important en phénylalanine pourrait être source de surproduction de ce neurotransmetteur. L'aspartate pourrait agir directement comme neurotransmetteur, mais ne semble pas pouvoir entrer dans le cerveau. Le risque estimé de perturbation cérébrale est faible, à moins d'en ingérer des quantités très importantes (8.40). Il faut tenir compte du fait que l'aspartame remplace des quantités importantes de sucre dans les aliments, et surtout dans les boissons. Or, vos dents, votre pancréas et votre pèse-personne ne « pensent » pas que le sucre soit sans danger non plus. Une grosse idée fausse concernant l'aspartame est qu'il ne contient pas de calories. Or, comme nous l'avons vu, cet édulcorant est composé d'acides aminés auxquels a été rajouté un sucre. L'aspartame est quasiment aussi calorique que le

sucré. L'erreur vient du fait que l'aspartame est pratiquement 200 fois plus « sucrant » que le sucre. On en utilise donc très peu d'où le moindre apport énergétique.

### Aspartame et appétit

L'usage de l'aspartame tend à diminuer l'appétit(8.41). Ceci n'est pas étonnant, car la phénylalanine stimule la sécrétion de cholécystokinine (ou CCK) une hormone coupe- faim. Les études montrent d'ailleurs que l'aspartame est plus efficace que la phénylalanine sur la CCK (8.42). L'usage de phénylalanine comme coupe-faim est devenu désuet ; il a été remplacé par l'aspartame moins coûteux. Si une majorité des utilisateurs ressent une baisse de l'appétit, cela ne semble pas être le cas pour les autres. L'action de l'aspartame se faisant ressentir rapidement, il est aisé de déterminer à quelle catégorie vous appartenez.

l'aspartame aide non seulement à accélérer la perte de poids durant un régime, mais favorise aussi sa stabilisation après. L'usage d'aspartame diminue la reprise de poids après un régime basses calories de 19 semaines chez des femmes obèses (8.43). Après un an, la reprise de poids s'élève à 2,6 kg chez les consommateurs d'aliments riches en aspartame, contre plus du double pour les non consommateurs. Après deux ans, la reprise était de 4,6 kg pour le groupe aspartame contre le double pour l'autre groupe.

Attention au Glutamate : Tous les acides aminés ne réduisent pas l'appétit. Certains l'augmente c'est le cas du glutamate (8.44).

### Hoodia Gordonii

Plante du désert du Kalahari utilisée par les San qui leur permet de rester alertes alors qu'ils n'ont que peu à manger et à boire, l' Hoodia est un supplément relativement nouveau. Le nombre d'essais cliniques concernant ses effets est très faible. La seule étude publiée à ce jour concerne l'action de l'extrait actif d'Hoodia sur des rats (8.45). Chez ces animaux, la restriction calorique se traduit par une baisse du niveau d'ATP (énergie) de 30 à 50 % dans le cerveau. Grâce à la plante, cette réduction a été endiguée. En maintenant un taux d'énergie cérébrale élevé, l' Hoodia pourrait tromper notre cerveau sur la quantité de nourriture ingérée. Il en résulte une diminution de 40 à 60 % de leur appétit. Le phénomène de famine serait ainsi prévenu. Une grande partie de l'argumentaire vantant les mérites d'Hoodia repose sur une étude non publiée, laquelle analyse l'impact de quinze jours d' Hoodia sur des patients en surpoids et dont l'usage se traduit par une réduction volontaire de l'apport énergétique de 1

000 calories par jour, ainsi qu'une perte de graisse. Cependant, la preuve scientifique de l'efficacité et de l'innocuité d' Hoodia reste encore à démontrer.

### Vinaigre

Ostman montre que l'ajout de vinaigre à 50 g de glucides sous forme de pain blanc réduit les élévations de la glycémie et de l'insuline. Il en découle une augmentation du sentiment de satiété. Rajouter du vinaigre comme assaisonnement peut être une bonne idée.

### Nicotine

Inutile de présenter la nicotine. Il ne s'agit en aucun cas d'un complément alimentaire, mais il ne faut pas ignorer le fait que, par l'intermédiaire de la cigarette, elle est très utilisée comme modérateur d'appétit, d'ailleurs, l'arrêt de la cigarette entraîne le plus souvent une prise de poids. (8.46)Williamson rapporte qu'un arrêt du tabac de plus d'un an entraîne une prise de poids moyenne d'environ 3 kg chez les hommes, et de 4 kg chez les femmes. Mais des gains dépassant 13 kg sont notés chez 10 % des hommes et 13 % des femmes. Plus le nombre de cigarettes fumées quotidiennement était élevé, plus le gain de poids est important. L'effet de l'arrêt du tabac sur la prise de poids s'explique en grande partie par une augmentation de l'appétit. La nicotine pourrait moduler la sécrétion de leptine ou la sensibilité du cerveau à cette hormone coupe-faim. La cigarette est souvent utilisée en conjonction avec du café. La prise de caféine renforce l'effet coupe-faim, et l'action thermogénique de la nicotine (8.47). (8.48)Lopez-Garcia montre que sur douze ans, la cigarette accentue l'effet anti-prise de graisse de la caféine, en particulier chez les femmes en surpoids. La nicotine permet d'augmenter la sécrétion d'adrénaline et de noradrénaline. Sécrétion qui va aussi être accrue par la caféine. Chez les hommes, les plus fortes augmentations sont constatées lorsque la prise de caféine et de nicotine se fait avant un effort. Cette propriété de la nicotine est paradoxalement très recherchée dans le sport de haut niveau. Par exemple, l'application d'un patch de nicotine sur des hommes accroît de 17 % leur performance sur un parcours à vélo effectué à 75 % de leur V02 max. (8.49). Cette pratique correspond tout à fait à du dopage. Pourtant, la nicotine est rarement perçue comme un dopant.

## LES FIBRES

Les fibres alimentaires jouent un rôle important pour la santé, particulièrement vis-à-vis du système digestif. L'apport quotidien minimum est fixé à 25 g. L'étude SU.VI.MAX révèle que l'apport moyen en fibres n'est que de 21 g chez les hommes et de 17 g chez les femmes. Seuls 21 % des hommes et 7 % des femmes étudiés franchissent le seuil des 25 g. L'importance des fibres s'accroît lors d'un régime. Or, en réduisant sa consommation alimentaire, il y a de grands risques de diminuer encore plus son apport, d'où l'idée d'une supplémentation directe en fibres. Parmi toutes les fibres disponibles, nous en avons retenu trois, en fonction de leur popularité. L'addition de différents types de fibres ne semble pas avoir d'effet cumulatif, si ce n'est du fait de l'accroissement des dosages. Les fibres vont avoir des conséquences importantes sur la fonction intestinale.

Attention risque de constipation gaz et diarrhées, il faut donc commencer avec de petites doses puis augmenter progressivement.

### \_Fructo-oligosaccharides

Ce sont des fibres à action prébiotique. La prise de FOS le matin et le soir à raison de 8 g par prise chez des hommes et des femmes réduit de 5 % l'apport énergétique par rapport à un placebo. Les FOS agissent en amplifiant la sécrétion des hormones coupe-faim que nous produisons lors de la digestion.

### \_Glucomannane

Également appelé racine de konjac, on en tire une farine utilisée dans la cuisine asiatique. Il s'agit d'une fibre soluble. Son volume est multiplié par dix-sept en présence d'eau. Elle joue donc un rôle important sur le transit intestinal. De par son effet gonflant, on pourrait s'attendre à ce que le glucomannane réduise l'appétit, mais malheureusement, peu d'études ont évalué son action réelle sur la perte de poids. Celles qui ont été effectuées tendent à montrer qu'en conjonction avec un régime hypocalorique, 1 à 4 g de glucomannane accélère la perte de poids et de graisse (8.50).

### Gomme de guar

Fibre végétale utilisée comme épaississant dans de nombreux compléments alimentaires. Son avantage sur le glucomannane est qu'elle est 3 fois moins coûteuse. L'ajout de guar à un substitut de repas semi-solide réduit l'appétit et le désir de manger sans pour autant accentuer la perte de poids sur deux semaines (8.51). Le guar a juste facilité la poursuite du régime. La

majorité des études ne semblent pas montrer d'effet de la gomme de guar sur la perte de poids (8.52). Ceci s'explique selon nous par la manière non optimale dont elle a été utilisée. Au lieu de laisser gonfler les fibres dans l'estomac, nous préférons leur faire prendre du volume avant de les ingérer. Nous conseillons d'utiliser le guar en conjonction avec un supplément de protéines ou un substitut de repas sucré. Dans un très grand récipient, placez 300 à 500 cl d'eau. Mixez votre supplément en y ajoutant une cuillère à sucre ou à soupe de gomme de guar et de l'aspartame, ce dernier ayant pour objectif d'accroître le goût sucré, qui sinon se trouverait dilué dans autant d'eau. Laissez reposer au réfrigérateur un quart d'heure pour que le guar gonfle bien et remplisse le récipient. L'avantage d'un mélange frais est qu'une fois dans l'estomac, le corps devra dépenser de l'énergie pour le réchauffer, ce qui est un plus au régime. Vous pourrez tenter l'expérience suivante: varier la quantité d'aspartame afin de bien ressentir son action coupe-faim. Plus le goût est sucré, plus l'appétit diminuera. La synergie qui semble exister entre le guar et l'aspartame pourrait se situer au niveau de la CCK. Des recherches ont montré que, tout comme l'aspartame, le guar favorisait la sécrétion de ce coupe-faim (8.53). Un effet cumulatif pourrait s'instaurer. Confectionnez ce mélange dès que vous sentez que vous ne pouvez plus contrôler votre appétit. Son gros avantage est qu'il va vous remplir l'estomac de manière durable sans apporter beaucoup de calories. Par contre, variez les arômes du supplément de base afin de ne pas être lassé trop vite d'un parfum qui se répète fréquemment.

## LES REDUCTEURS D'ABSORPTION CALORIQUE

Les graisses et les sucres« dits rapides» apportent non seulement beaucoup de calories, mais ils modulent aussi le métabolisme de façon à ce que l'accumulation adipeuse soit favorisée. Il paraît légitime de chercher à entraver l'absorption de ces nutriments. L'idée est séduisante puisqu'on pourrait ainsi manger à volonté des aliments« interdits» sans en subir les conséquences sur sa silhouette ou sa santé. Malheureusement, dans la réalité, les compléments alimentaires censés agir comme réducteurs d'absorption calorique manquent d'efficacité. Ils ne peuvent, à eux seuls, assurer une perte de poids significative. Il est sûrement plus efficace de faire attention à son alimentation en ne la surchargeant pas en graisses et en «sucres». Par contre, certains«

bloqueurs » peuvent aider à accroître l'efficacité du régime hypocalorique.

## LES BLOQUEURS D'ABSORPTION DES GRAISSES

### Chitosan

C'est un extrait de carapaces de crustacés. Agissant comme une fibre, notre système digestif n'est pas à même de l'absorber. Il sera évacué par les voies naturelles après son passage dans le tube digestif. En théorie, le chitosan s'agglomère aux graisses alimentaires et empêche ainsi leur absorption. Certaines recherches montrent que la prise de chitosan conduit à une perte de poids (8.54), mais ceci est loin d'être le cas de toutes les études (8.55). Gades a montré que la capacité du chitosan à « piéger » la graisse alimentaire était, au mieux, négligeable. Il faudrait ainsi utiliser du chitosan pendant plus d'un an pour perdre un kilo.

### Calcium

L'action inhibitrice du calcium sur l'absorption des graisses paraît nettement plus intéressante. Jacobsen (2005) montre que la prise quotidienne de 500 mg de calcium chez des personnes ayant un apport modéré en protéines faisait doubler l'élimination fécale des graisses. toutefois, cette action bénéfique reste d'ampleur modeste, puisque l'élimination quotidienne n'est que de 14 g, soit environ 125 calories.

### Thé vert

Le thé vert est un allié de la caféine. Les catéchines du thé fonctionnent en synergie avec elle. Les catéchines sont des molécules antioxydantes présentes en particulier dans le thé vert. Elles seraient à l'origine de la plupart des bénéfices du thé. Pour le sportif, on retiendra que le thé favorise la perte de poids puisqu'il pourrait accélérer le métabolisme, c'est-à-dire la dépense calorique.

D'après certaines études, boire deux cafés et trois tasses de thé vert dans la journée pourrait augmenter la dépense calorique journalière de 4 %.

Juhel suggère que le thé vert pourrait, lui aussi, agir contre l'absorption des graisses en inhibant l'activité des lipases responsables de la digestion des lipides.

Attention toutefois, une consommation importante de thé, en particulier au moment des repas, diminue l'absorption du fer et peut être à l'origine de petites anémies. Il existe par ailleurs de nombreux compléments alimentaires qui combinent le thé vert, à la caféine (elle-même ou via du guarana) .

## La Capsaïcine

La consommation de capsaïcine stimule la production de deux hormones, l'adrénaline et la noradrénaline, qui permettent de brûler les sucres et les graisses de réserve. L'usage de piment peut donc être recommandé lors des régimes amaigrissants. la

## **Stratégies Nutritionnelles en fonction des objectifs**

### Préparer un pic de forme

Afin de préparer un pic de forme un athlète normal ne peut s'entraîner à la même intensité et au même volume indéfiniment. En effet celui-ci serait épuisé sur tous les plans, gérer la progression c'est avant tout gérer la récupération. Un cycle de performance est organisé de manière à faire monter l'intensité et le volume d'entraînement au fur et à mesure des mois afin d'être au maximum de ses performances mais afin que la performance maximale obtenue à l'entraînement soit réalisable pour la compétition il faut récupérer activement. Pendant un mois avant la compétition vient la période dite d'affûtage où l'athlète va considérablement diminuer son volume d'entraînement afin de laisser à son corps une récupération optimale. Celui-ci s'entraînera quand même à forte intensité afin d'éviter le phénomène de dés-entraînement. Évidemment selon les sports l'affûtage prendra différentes formes, certaines disciplines plus sensibles au dés-entraînement que d'autres et c'est pour cela que la récupération se verra intelligente.

Avec cette phase d'affûtage, le statut nutritionnel prendra encore plus d'importance afin d'optimiser la récupération. Il consistera à augmenter les glucides afin que les muscles fassent le plein de glycogène. Cette stratégie est détaillée dans les premiers chapitres sur l'importance des glucides et de l'hydratation.

### 1) Prendre du muscle ou de la force

Il est important de faire la différence entre masse, muscle, force, gras. Tout d'abord votre poids correspond à votre masse totale. La masse grasse est votre gras corporel. La masse maigre représente tout ce qui n'est pas gras : les muscles, les os, etc. Le poids est donc la somme des deux et peut donner une indication trompeuse : on peut grossir sans prendre de muscle (on ne prend alors que du gras) et on peut maigrir sans perdre de gras (on ne perd que du muscle). Quand cela arrive, on peut être ravi en regardant la balance mais au bout de quelques semaines, complètement dépité en se regardant dans le miroir. Car ce qui donne du galbe, c'est le muscle. C'est pourquoi chez le débutant j'utiliserais l'expression « prendre du muscle » et non « prendre de la masse ». Car il est très aisé de prendre de la masse : il suffit de manger n'importe quoi en grande quantité et vous allez grossir (en augmentant votre masse grasse) par contre il est bien plus difficile de prendre du muscle. Prendre du muscle et prendre



de la force, ces deux expressions ne sont pas synonymes non plus. On peut prendre de la force sans prendre de muscle car la force fait appel à des facteurs essentiellement nerveux (électriques).

## COMBIEN DE CALORIES PAR JOUR ?

Pour déterminer le surplus calorique nécessaire à la prise de muscle, il faut d'abord déterminer son besoin calorique journalier de base qu'on appelle aussi « métabolisme total ». Il existe de savantes méthodes de calculs mais ici la rigueur des mathématiques perd de son intérêt : le chiffre exact de ce besoin calorique n'est pas calculable car fortement dépendant de l'individu. De plus il varie sensiblement au cours de la vie. À titre d'information, sachez néanmoins que pour un homme de 1,80 m, 80 kg, 30 ans, ayant une activité physique hebdomadaire faible à modérée, le besoin calorique quotidien est d'environ 2500 kcal. Pour une femme de 1,65 m, 58 kg, 30 ans et ayant la même activité, le besoin calorique est d'environ 2000 kcal. la seule méthode fiable pour déterminer votre besoin calorique consiste à garder une alimentation relativement semblable pendant deux semaines et calculer le nombre de calories ingurgitées par jour. Si le poids ne bouge pas au bout de deux semaines alors ce nombre correspond environ à votre besoin calorique journalier. S'il baisse, vous êtes en alimentation hypocalorique (l'apport calorique est inférieur à vos besoins), s'il augmente vous êtes en alimentation hypercalorique (l'apport calorique est supérieur à vos besoins). Pour fabriquer de la masse musculaire, l'objectif consiste à adopter une alimentation légèrement hypercalorique. Pour limiter la prise de masse grasse, un excédent calorique de 250 à 500 kcal par jour est suffisant. Excédent calorique à viser pour une prise de muscle : 250 à 500 kcal par jour.

## POUR LE PRATIQUANT DÉBUTANT

En tant que débutant vos objectifs sont simples : prendre du muscle et de la force. Chez le débutant, sauf en cas d'obésité grave, il est inutile de se préoccuper d'un excès de masse grasse. Cette graisse va disparaître progressivement au fil de votre progression. Elle est même un avantage car votre organisme dispose à chaque instant de l'énergie nécessaire à l'exercice physique, ou presque. L'erreur principale du débutant est de vouloir appliquer une nutrition pour un niveau avancé. En effet, la précision que demande cette dernière ne fait absolument aucune différence si le niveau sportif n'est pas suffisant.

Voici les principales erreurs nutritionnelles à éviter :

- \_ ne pas prendre de petit déjeuner,
- \_ ne pas manger durant une longue période (en week-end parce qu'on fait la fête avec des amis et que l'on dort 14 h la nuit suivante par exemple),
- \_ prendre des repas déséquilibrés (en particulier sans source de protéines)

La prise de masse est une méthode utilisée en musculation pour prendre du poids rapidement. Elle consiste tout simplement à se suralimenter pendant plusieurs semaines/mois, l'excès de calories étant stocké principalement sous forme de graisse. S'ensuit alors une période de régime pour perdre cette graisse accumulée. La prise de masse est inefficace chez le débutant et même inutile car en termes de musculature il peut progresser très rapidement sans que tous les paramètres soient sous contrôle. De plus, le manque de maturité musculaire entraîne une prise de graisse corporelle massive. Celle-ci devient par la suite très difficile à perdre et elle sera conservée parfois pendant des années. Je déconseille donc totalement cette méthode aux débutants.

Une autre erreur, spécifique au débutant, mais qui s'observe régulièrement lors des entraînements de force (de type musculation) est celle qui consiste à croire qu'il faut une « prise de masse » préalable pour prendre du muscle. Attention ! Cette technique, si elle permet en effet de gagner du muscle, vous assure de gagner aussi de la graisse corporelle, ce que vous ne souhaitez pas forcément. Cette technique est totalement inadaptée au débutant. Mais alors si la prise de masse n'a pas d'intérêt que faire ? Une simple alimentation légèrement hypercalorique est suffisante : elle amène assez de calories pour fabriquer un peu de muscle, progressivement, sans favoriser l'accumulation de masse grasse attention : les valeurs données pour les protéines correspondent ici à des grammes de protéines animales : viande, poisson, produits laitiers, œufs...

Pour une prise de masse, vous ne devez pas tenir compte des protéines d'origine végétale apportées par les céréales et les légumineuses par exemple. Car elles sont de faibles valeurs biologiques.

Programme nutritionnel « prise de muscle » niveau débutant Il s'agit de définir de quelles quantités précises de protéines, glucides et lipides nous avons besoin.

\_ Comme nous l'avons vu, pour un sportif de force, le besoin en protéines est proche de 2 g par kilo de poids corporel. Ces valeurs tiennent compte de toutes les sources de protéines :

animales (viande, poisson, œufs, produits laitiers) comme végétales (céréales, légumineuses, etc.).

\_ Les lipides ne doivent pas être négligés. Plus votre besoin calorique total est important, plus votre apport total en lipides doit l'être également. Toutefois il n'existe pas de consensus sur la quantité exacte de lipides à apporter lors d'une prise de muscle, mais seulement une limite inférieure qui se situerait autour de 1 g par kilo de poids corporel, soit 70 g de lipides pour un adulte de 70kg.

\_ Les glucides vont servir principalement à compléter votre total calorique lorsque vous avez fixé vos quantités de protéines et de lipides. Ce sont eux que vous allez moduler au fil du temps. Si vous constatez une prise de masse grasse trop rapide, diminuez les glucides. Si, à l'inverse, vous constatez une prise de masse musculaire trop lente, augmentez les glucides. C'est le principal levier dans votre alimentation. Le choix du type de glucides va être déterminant, notamment à certains moments cruciaux . En dehors de ces périodes particulières, il vous faut choisir le plus souvent possible des glucides dont l'index glycémique est bas à modéré. Il est également important d'éviter les apports importants de fructose si vous êtes dans une optique de prise de masse musculaire sans prise de masse grasse et sans risque pour votre santé.

En revanche si votre objectif est le gain de force sans souci sur votre masse grasse alors il n'y a pas de règle : si vous vous entraînez bien, plus vous mangerez, plus vous deviendrez fort (en charge absolue déplacée et pas nécessairement en charge relative à votre poids corporel). L'alimentation de prise de muscle du débutant doit être riche en vitamines et en minéraux, comporter des graisses équilibrées et bonnes pour le système cardiovasculaire. La présence d'aliments à index glycémique bas tout au long de la journée permet une resynthèse du glycogène musculaire (notre carburant) tout au long de la journée tout en limitant la prise de masse grasse. La présence de protéines de manière régulière mais suffisamment espacées permet quant à elle de stimuler la synthèse protéique idéalement ce qui améliore la récupération et accélérera, à terme, la progression.

## POUR LE PRATIQUANT INTERMÉDIAIRE OU AVANCÉ

Lorsque vous sentez que vous n'avez plus les performances d'un débutant, lorsque vous voyez votre progression se ralentir, c'est que vous êtes arrivé au stade intermédiaire. À ce stade, votre méthode d'entraînement a un impact plus important sur vos résultats et votre alimentation aussi. Heureusement pour nous il existe un puissant anabolisant, le plus puissant de tous, capable d'accélérer la prise de masse musculaire, au-delà du seuil habituel et d'augmenter la prise de force absolue : c'est l'alimentation ! Vous l'avez peut-être constaté, lorsque vous mangez très peu, impossible de progresser, toutes les injections d'hormones du monde n'y changeront rien. La nourriture possède donc un pouvoir extraordinaire. Lorsque l'on mange, l'organisme produit en réaction un certain nombre d'hormones. Le glucagon par exemple est produit suite à l'ingestion de protéines. Son rôle est d'augmenter le taux de sucre dans le sang. Le glucagon permet par exemple d'éviter une hypoglycémie suite à l'ingestion d'un repas comportant uniquement des protéines. Inversement, lors de l'ingestion de glucides, le pancréas produit de l'insuline, une hormone hypoglycémiant qui amène le sucre dans les organes cibles (muscles par exemple). L'insuline est une hormone particulièrement puissante. Cette hormone est d'ailleurs utilisée en tant que produit dopant. Et pour cause, car voici ce dont l'insuline est capable :

- \_ elle augmente le stockage du glycogène dans les muscles (la réserve énergétique) ;
- \_ elle diminue le catabolisme protéique (donc préserve la masse musculaire) ;
- \_ elle augmente la captation des acides aminés par les cellules (responsable de la construction musculaire).

En somme on peut dire que l'insuline est un signal puissant qui, lorsqu'il est suffisamment élevé, va dire à l'organisme : « le statut énergétique est optimal ». Ce signal est important car notre corps fonctionne sur un mode très simpliste : pour survivre il doit être capable de fuir face au danger ou de poursuivre un objectif important (se nourrir). Le statut énergétique est donc une priorité pour notre organisme : il doit à tout prix être optimal pour nous permettre de poursuivre un effort. Avoir des muscles forts et puissants n'est pas une priorité. Quand la réserve énergétique est trop faible, la synthèse protéique dans le muscle est bloquée. Au fur et à mesure que la réserve énergétique augmente, la synthèse protéique augmente elle-aussi. On comprend donc qu'en jouant sur l'insuline, on peut avoir une influence sur la synthèse protéique. Des manipulations de l'insuline peuvent amener à des changements importants en termes de physique et de performance. Mais l'insuline n'a pas que des effets bénéfiques,

notamment :

\_ elle augmente le stockage et la fabrication de graisse corporelle ;

\_ elle diminue la lipolyse (c'est-à-dire l'utilisation des graisses pour fournir de l'énergie). L'insuline est un levier que l'on peut actionner pour la fabrication de masse musculaire mais qui en même temps favorise la prise de masse grasse. Le principal déclencheur de l'insuline étant les glucides, quel protocole alimentaire va favoriser la « prise de masse » ? Le principe est d'ingérer un total calorique bien supérieur aux besoins, notamment sous forme de glucides de façon à ce que le corps ait constamment le sentiment d'un statut énergétique « élevé ». Ceci va maximiser la synthèse protéique, c'est-à-dire la fabrication de masse musculaire mais également la prise de force par ce même mécanisme et aussi un mécanisme « neuropsychologique » qui permet une meilleure récupération nerveuse. Malheureusement il y a un hic, vous l'avez compris, l'inconvénient de cette technique est la prise concomitante plus ou moins importante de masse grasse. Cette technique est donc à proscrire si vous êtes dans un sport à catégorie de poids (et que vous ne pouvez pas vous permettre de grossir trop) sauf si vous êtes « hors saison ». Vous trouverez plus loin une autre méthode qui vous permettra de contourner ce problème .

Programme nutritionnel « prise de masse » niveau intermédiaire

Dans tous les cas, la prise de masse doit être limitée dans le temps, sans quoi elle signe une avancée vers le surpoids, voire l'obésité et augmente le risque de maladies associées au surpoids. Cette méthode de prise de masse sera donc utilisée pour un résultat optimal pendant environ 4 mois, sans jamais dépasser 5 mois. L'excédent calorique à viser en plus de votre apport calorique journalier sera d'environ 1000 kcal mais cette valeur n'est pas fixée une fois pour toute : vous devez avant tout guider vos apports sur l'évolution de votre poids et de vos performances. Si la force commence à stagner, augmentez immédiatement les calories. Attention toutefois cette méthode peut être difficile pour les petits mangeurs : allez-y progressivement en augmentant chaque semaine les quantités. Dans tous les cas, ne dépassez pas une prise de poids de 1 kg par semaine.

Attention : les valeurs données pour les protéines correspondent ici à des grammes de protéines animales : viande, poisson, produits laitiers, œufs... Pour une prise de masse, vous ne devez pas tenir compte des protéines d'origine végétale apportées par les céréales et les légumineuses par exemple. Mieux vaut commencer par augmenter son apport calorique de 500 kcal. Si au bout d'une semaine, vous n'observez pas de grand changement sur la balance,

augmentez encore l'apport énergétique de 500 kcal. En effet, d'une manière générale, dès la première semaine, l'évolution du poids dicte celle de l'alimentation: on accroît l'apport énergétique si le poids augmente peu voire pas du tout ou si les performances ne bougent pas et on le diminue si la prise de poids dépasse 1 kg par semaine.

À la fin de la période de prise de masse, il convient de revenir vers un programme normal, c'est-à-dire une alimentation dont le total calorique est proche de celui nécessaire au maintien du poids. Cette période permettra au corps et au système digestif de se reposer un peu avant d'envisager d'autres objectifs.

## 2) Programme nutritionnel « prise de force sans prise de poids »

Dans le cadre d'un sport de catégories (boxe ou judo...), il est délicat d'utiliser la méthode de prise de masse, à moins de vouloir changer de catégorie. Pour ces sports ou tout simplement si vous souhaitez gagner en force sans prendre trop de poids, il existe d'autres moyens. Tout d'abord, il faut commencer par optimiser la nutrition autour de l'entraînement. Ensuite il faudra adopter une alimentation de type prise de masse mais pour un total calorique égal à votre besoin énergétique quotidien. Si cette méthode ne vous fait pas progresser, il est alors possible d'utiliser une méthode de rotation des glucides. On parle d'alimentation cyclique. Cette méthode permet de consommer un total calorique plus élevé à certains moments et moins élevé à d'autres. En fait, toutes les combinaisons sont possibles mais on peut s'orienter vers la stratégie à adopter en tenant compte de quelques principes de base.

\_ Lorsque l'on fait un effort, on épuise nos stocks de glycogène. La réformation de ces stocks est un préalable à toute récupération et donc à la progression. Cette recharge des stocks n'est pas instantanée, elle va mettre généralement 24 h et parfois plus. Ainsi, en ayant un jour « haut en glucides » le jour avant l'entraînement, on s'assure d'avoir des stocks de glycogène suffisants.

\_ La technique de l'alimentation cyclique repose également sur le passage brusque d'une glycémie basse (jours « bas ») à une glycémie haute (jours « hauts »). Une montée soudaine de glucose dans le sang provoque en réponse une arrivée importante d'insuline. Ce pic d'insuline provoque une accélération de la transformation de la T4, une hormone thyroïdienne, en T3 une hormone thyroïdienne beaucoup plus puissante. Concrètement, on ressent alors une forte énergie parfois même une forme d'excitation qui peut permettre d'être performant à l'entraînement. Cette relance est également utile dans le cadre d'une perte de

poids

Vous pouvez donc prévoir dans votre programme cyclique un ou des jours hauts qui ne sont pas les jours d'entraînements, mais les jours précédant directement les entraînements !

Dans un programme comme celui-ci, on essayera d'éviter de manger trop de glucides au repas du soir. En effet l'inactivité physique de la nuit est propice au stockage des glucides sous forme de graisse. Une fois de plus, le seul paramètre à modifier est la quantité de glucides, selon vos objectifs et vos activités mais si le total calorique baisse trop fortement lors d'un jour bas, on augmentera les protéines et les lipides pour compenser. Si votre jour haut correspond aussi au jour où vous faites 50 km de vélo, 1 h de natation et 1 h de musculation, n'hésitez pas à manger plus ! Dans tous les cas, contrôlez régulièrement votre poids au début, c'est cela qui vous permettra d'ajuster correctement les quantités. Un autre point important pour le gain de force musculaire sans gain de masse musculaire (sans augmentation de poids) est l'entraînement : privilégiez un entraînement qui ciblera bien les facteurs nerveux du muscle.

### 3) Perte de poids

Avant tout, il faut savoir que toute opération qui consiste à perdre du poids, place l'organisme dans un état de catabolisme. En effet, perdre du poids nécessite une balance calorique négative : les calories que vous absorbez doivent être inférieures aux calories que vous brûlez. Le corps n'ayant pas assez d'énergie à sa disposition dans l'alimentation pour pouvoir fonctionner correctement, il va donc se «digérer» lui-même en quelque sorte pour continuer à fonctionner. Ce sont ses propres protéines (muscles), glucides (glycogène) et lipides (graisse corporelle) qui vont fournir cette énergie. Malheureusement cette énergie ne peut pas provenir d'une seule source. L'organisme puisera toujours dans ces trois réserves de nutriments mais dans des proportions différentes et c'est l'activité physique, l'alimentation et le climat hormonal qui vont déterminer ces proportions. L'objectif de ce chapitre est de vous guider afin de maximiser la perte de graisse en minimisant la perte de muscle car malheureusement la perte de muscle est inévitable.

Pour le débutant

a) Vous êtes un pratiquant débutant et vous n'avez pas de surpoids important

Sachez qu'il est possible dans ce cas de prendre du muscle tout en perdant simultanément de la graisse. Ce paradoxe est lié au pourcentage de masse grasse. À un certain seuil de graisse corporelle, l'organisme estime qu'il a suffisamment d'énergie disponible pour construire du

muscle, même si l'apport calorique externe n'est pas complètement suffisant. Toutefois, il convient que ce déficit calorique soit très léger. Le corps utilisera donc les graisses corporelles pour fournir l'énergie restante nécessaire. Dans ce cas de figure, le seul moyen de mesurer votre progression et savoir si votre alimentation est adéquate est la prise des mensurations, le pincement du pli cutané et les photos. En effet, à volume égal, le muscle pèse plus lourd que la graisse. Il se peut donc qu'en ayant pris du muscle et perdu de la graisse, le poids sur la balance ne varie pas. Les zones à observer sont : la masse grasse autour de la taille (elle doit tendre à diminuer), la masse grasse dans le bas du dos (même chose), la taille des muscles doit tendre à augmenter et surtout les performances à l'entraînement doivent augmenter.

La nutrition dans ce cas de figure doit reprendre les bases de celle de la prise de muscle, seule la quantité de glucides doit être adaptée.

b) Vous êtes un pratiquant débutant et vous êtes en fort surpoids ou obèse

Si vous êtes dans une démarche sportive aujourd'hui et que vous avez la ferme intention de surveiller votre alimentation, cela signifie que votre motivation est très grande. Attention ! Cette motivation peut vous jouer des tours. Mon conseil est le suivant : soyez patient, ne maigrissez pas trop vite. Il y a plusieurs raisons à cela :

- premièrement si vous maigrissez trop vite, vous ne laisserez pas suffisamment de temps à votre peau pour se retendre un peu ;
- deuxièmement, une perte de poids trop rapide se traduira par une perte importante de muscle comme nous venons de l'expliquer précédemment ;
- troisièmement, vous aurez beaucoup plus de mal à progresser musculairement parlant si votre poids de départ est trop faible que s'il est trop important en raison justement de la perte de muscle. Donc veillez à ne pas perdre de poids trop rapidement, le résultat n'en sera que meilleur à tout point de vue. Rendez-vous compte qu'une perte d'un kilogramme de masse grasse par semaine correspond à un déficit de 9000 kcal (1 g = 9 kcal) par semaine soit un déficit de 1285 kcal par jour ! C'est énorme et c'est beaucoup trop. N'essayez pas de perdre plus de 0,5 kg par semaine, soit 2 kg par mois. Si vous avez un surpoids important ou que vous êtes obèse, vous allez être confronté à un autre problème : les calculs de vos besoins en protéines, lipides et glucides risquent d'être faussés. Et plus votre pourcentage de masse grasse sera important, plus ils seront faux.



Prenons l'exemple d'une personne pesant 150 kg et de type N2.

Besoin : 2 g/kg de poids corporel  $150 \times 2 = 300$  g

Son besoin en protéines devrait être d'environ 300 g par jour, ce qui est énorme ! Une autre façon de calculer les besoins en macronutriments est la méthode des pourcentages : on considère les besoins caloriques totaux de la personne, dans notre exemple 3000 kcal par jour. On déduit la part de chaque macronutriment (protéines, glucides, lipides) d'après la contribution souhaitée à cet apport calorique. Par exemple, si l'on estime que 25 % des calories doivent provenir des protéines par exemple, on a :  $3000 \text{ kcal} \times 25 \% = 750 \text{ kcal}$  or 1 g de protéines apporte 4 kcal donc 750 kcal correspondent à  $750 \div 4 = 187$  g de protéines. Les deux méthodes de calcul ont leurs avantages, aucune n'est parfaite mais dans le cas d'un surpoids très important, celle des pourcentages est plus juste. Une dernière méthode et c'est celle que j'utilise après, est la méthode des grammes par kilo de poids corporel idéal c'est-à-dire le poids que l'on souhaiterait atteindre et non le poids corporel réel. Dans l'objectif « perte de poids », on privilégiera au maximum les aliments à index glycémique modéré ou bas.

#### POUR LE PRATIQUANT INTERMÉDIAIRE OU AVANCÉ

Comme nous l'avons vu précédemment, tout régime hypocalorique va se traduire par une perte de protéines, de glucides et de lipides c'est-à-dire de muscle, de graisse corporelle et de réserves énergétiques. Choisir une alimentation qui tient compte de son type nutritionnel permet d'orienter le processus préférentiellement vers la perte de graisse corporelle. Avant d'aller plus loin, il faut savoir que toute perte de poids est basée sur deux principes invariants fondamentaux :

- \_ pour perdre du poids, il faut être en déficit calorique (balance calorique négative),
- \_ pour perdre du poids, l'insuline doit être basse. La production d'insuline étant majoritairement induite par les glucides, la quantité de glucides ingérés sera un paramètre fondamental.

Pour diminuer la perte de masse musculaire, on s'assurera d'un apport adapté en protéines. Comme pour le débutant, attention à ne pas vouloir maigrir trop vite : ne perdez pas plus de 0,5 kg par semaine, soit 2 kg par mois. Ainsi si vous estimez avoir 10 kg à perdre avant une échéance comme une compétition, vous pouvez planifier un régime progressif sur cinq mois environ.

Si vous avez 20 kg à perdre, une astuce peut vous permettre d'éviter de faire un régime

pendant un an : il s'agit d'entamer un régime très restrictif sur une courte période. Si la quantité de graisse corporelle est assez importante (supérieure à 10 kg), la perte de masse musculaire pourra rester minime mais sachez que dans tous les cas un régime rapide, même sur une courte période (3 semaines) fait perdre plus de masse musculaire qu'un régime lent. Le régime choisi sera de type cétogène et sera cyclique avec recharge tous les 7 jours environ et ne durera jamais plus d'un mois. Le principe de ce régime sera détaillé plus loin .

Le choix des aliments est important pendant un régime ou une sèche. Il doit suivre quelques règles de base.

\_ Les compléments alimentaires protéinés en poudre doivent être limités au maximum au profit d'aliments solides. Ceci a un double intérêt : tout d'abord mieux remplir l'estomac et ainsi calmer la faim. Ensuite permettre une digestion plus lente ce qui assure une concentration d'acides aminés dans le sang plus adaptée.

Les compléments protéinés en poudre peuvent être néanmoins utilisés pour la nutrition de l'entraînement.

\_ Dans le même esprit, il conviendra de privilégier les aliments à index glycémique bas au commencement du régime. Toutefois, lorsque le régime sera installé, il peut être très judicieux de consommer occasionnellement des aliments à index glycémique très élevé ! En particulier lors d'une phase cétogène ou lors d'un rebond. Les index glycémiques élevés ont en effet la propriété d'élever brusquement la glycémie ce qui va accélérer le métabolisme des hormones thyroïdiennes via l'insuline et se traduira par un regain d'énergie, très utile en période de perte de poids où l'on ressent toujours un peu de fatigue. Une sensation de fatigue trop intense dès le début d'un régime signifie que le déficit calorique choisi est trop important. Plus tard, elle devient inévitable. Le régime va consister à diminuer progressivement les calories jusqu'à atteindre le poids souhaité. Mais attention, les calories ne peuvent pas être réduites indéfiniment. Lorsque l'apport calorique devient trop faible, la méthode de répartition des nutriments par pourcentage amène à une consommation de protéines trop faible (moins de 2 g de protéines par kilo de poids corporel). Dans ce cas, il faut poursuivre avec un régime de type cétogène, éventuellement cyclique . À noter également que la perte de poids provient du déséquilibre entre les apports alimentaires et les dépenses d'énergie (balance calorique négative). Mais la perte de poids ne se fait pas indéfiniment non plus. Le corps résiste, il s'oppose à la perte de poids car elle est, pour ainsi dire, « contre la survie ». Cette stagnation est encore plus marquée chez les femmes. Pour poursuivre la perte de poids, il ne convient pas

de diminuer encore les calories mais il convient d'augmenter les dépenses avec une activité de type « cardio », c'est-à-dire : course à pied, vélo, etc. On évitera la natation pour la préparation

à une compétition, cette dernière favorisant le maintien d'un tissu adipeux sous cutané. Les séances de cardio peuvent être très fréquentes, parfois 4 à 5 fois par semaine lorsque c'est nécessaire.

Tout régime doit certes viser à réduire la masse grasse mais en préservant au maximum la masse musculaire. Ce principe est vrai pour les sportifs mais aussi pour les sédentaires. On comprend mieux pourquoi un grand nombre de personnes qui suivent des régimes hypocaloriques classiques se retrouvent minces au bout de trois mois mais en ayant conservé une masse grasse au niveau du ventre ou en ayant perdu le galbe de leur fessier et de leurs épaules. Dans cette optique de préservation de la masse musculaire, on accordera une attention particulière à la nutrition de l'entraînement .

5)la préparation à une séance photo passe avant tout par Maigrir ou sécher.

Si le régime n'est pas suffisant, on entamera un régime dit « cétoène » puis on éliminera l'eau qui reste sous la peau afin d'obtenir des muscles sculpturaux. Un régime cétoène est un régime qui place le corps en état de cétoène. Cet état est caractérisé par l'utilisation des corps cétoniques, produits à partir des graisses, pour fournir de l'énergie en lieu et place des glucides.

Attention : si vous êtes diabétique, ce type de régime peut s'avérer dangereux.

## LE RÉGIME CÉTOÈNE EN PRATIQUE

Pour placer le corps en cétoène, il convient d'avoir une alimentation très pauvre en glucides. Elle peut ensuite être soit très riche en protéines et moins riche en lipides soit très riche en lipides et moins riche en protéines. Dans tous les cas on essaiera de consommer le plus de lipides possible pour plusieurs raisons : d'une part parce que le métabolisme des lipides produira moins de déchets acides toxiques pour les muscles et pour la santé et d'autre part parce que les lipides favorisent la satiété. L'adjonction de lipides viendra calmer la faim de manière plus efficace que les protéines seules.

\_ Quel que soit votre type nutritionnel, comptez un apport d'environ 3 à 3,5 g de protéines par kilo de poids corporel et complétez le reste par des lipides.

\_ Les végétaux pauvres en glucides tiendront une place de choix dans l'alimentation car il faudra absolument maintenir un apport suffisant en fibres, sans quoi les risques de diarrhées et/ou de constipation sont importants. Les fibres vous aideront également à avoir moins faim.

\_ Quelques sources de glucides seront autorisées dans la journée et ce seront majoritairement des fruits ! En effet le fructose si néfaste aux sédentaires en surpoids deviendra un allié intéressant à petites doses pour recharger le glycogène hépatique afin de lutter contre la fatigue et diminuer la baisse des performances à l'effort.

\_ La quantité de glucides à ne pas dépasser pour rester en cétose est de l'ordre de celle indiquée dans le cas pratique ci-contre mais varie sensiblement selon les individus (entre 10 et 100 g par jour). Toutefois, il n'y a pas de nécessité de maintenir la cétose à tout prix, tant que l'on est en déficit calorique. Pour savoir si vous êtes bien en cétose, et ajuster votre consommation de glucides en conséquence, vous pouvez vous procurer en pharmacie des bandelettes à passer sous les urines pour vérifier la présence de corps cétoniques.

\_ Il convient d'accompagner ce type d'alimentation d'une complémentation en vitamines en particulier s'il est prolongé. Des suppléments de minéraux particuliers sont utiles pour prévenir certains effets secondaires possibles de calculs rénaux .

### Les rebonds glucidiques

Si ce type de régime est suivi sur une longue durée, cela peut être une bonne idée d'effectuer un ou des rebonds glucidiques, c'est-à-dire une augmentation brusque et temporaire de la quantité de glucides. Cela permet de ralentir la perte de poids et de renflouer les réserves pour maintenir un entraînement de qualité. Ce type de régime peut servir aussi à maintenir un pourcentage de graisse corporelle très bas tout au long de l'année. Pour cela il suffit de diminuer les protéines jusqu'à 1,5 à 2 g par kilo de poids corporel, diminuer les lipides et augmenter les glucides. L'apport calorique sera augmenté temporairement car on peut difficilement introduire beaucoup de glucides sans augmenter automatiquement les calories (un rebond glucidique est aussi un petit rebond calorique). Si la période de cétose a duré longtemps, la brusque réintroduction des glucides peut se traduire par une impression de « planer », une sensation d'ébriété. Un rebond dure de 1 à 3 jours, selon l'intensité de l'apport glucidique. Durant le rebond, les muscles deviennent de plus en plus « pleins » : cet effet se ressent facilement et se voit nettement dans le miroir. Après le rebond, on peut reprendre le régime cétogène. En revanche, si le rebond est poursuivi, on observe rapidement un aspect voilé (en musculation, on parle d'aspect voilé lorsqu'il existe une couche d'eau et/ou de

graisse importante sous la peau qui altère le rendu visuel). Cette technique du rebond peut être utilisée lors d'un régime classique si le déficit calorique est important et prolongé.

## SÉCHER POUR BIEN DESSINER LES MUSCLES

Une fois que l'apparence physique désirée a été obtenue avec le régime cétogène, on entre dans les dernières phases de la préparation. Comme il devient difficile de perdre davantage de graisse, il faut chercher à présent à «éliminer» l'eau qui se situe sous la peau. Cette technique permet d'obtenir un aspect musculaire « plein » et une découpe musculaire forte. Cet aspect s'obtient déjà avec un simple rebond glucidique comme décrit précédemment. En effet, l'aspect « plein » d'un muscle provient de la quantité de glycogène qu'il est capable de stocker. Un gramme de glycogène est stocké dans le muscle avec environ 3 g d'eau. Cette eau peut provenir de l'alimentation mais aussi des tissus alentours (l'eau sous-cutanée). Un rebond effectué avec une faible hydratation va produire un rendu visuel « plein » car le muscle en stockant du glycogène va « assécher » les tissus). Cet effet sera à son maximum environ 48 à 60 h après le début du rebond. On peut améliorer cette sèche en faisant appel à ce qu'on appelle la « balance sodium/potassium ».

## SODIUM ET POTASSIUM RÉGULENT LES MOUVEMENTS DE L'EAU

La quantité de sodium et de potassium circulant dans le sang répond à un équilibre strict. Lorsque l'équilibre est rompu, cela entraîne des défaillances de différents systèmes et si cela se prolonge, c'est la mort. Pour éviter cela, il existe un système de régulation hormonal de ces minéraux dans notre corps en fonction des apports alimentaires : c'est le système rénineangiotensine-aldostérone. Il se situe au niveau du rein et ordonne une rétention plus au moins grande de sodium et d'eau. Il participe ainsi à la régulation de la pression artérielle. La réactivité du système sodium-potassium n'étant pas instantanée, il est possible de manipuler l'apport en sodium, en eau et en potassium alimentaire pour « tricher » pendant 24 h et obtenir une forte élimination de l'eau sous-cutanée et du sodium, ce qui permet de parfaire le travail : on obtient un rendu visuel très « sec » et « plein », idéal pour une séance photo ou une compétition. Ce système peut aussi être utilisé à la fin d'un régime classique. Si le résultat est moins visible, il n'en est pas moins notable.

## CRÉATINE OU PAS ?

Un mythe voudrait qu'il faille éviter la créatine en période de pré-compétition. C'est faux car la créatine ne provoque aucune rétention d'eau sous-cutanée. Au contraire elle vous aidera à attirer l'eau dans les tissus .

Attention ce qui va être décrit est en contradiction totale avec une alimentation saine et équilibrée et est néfaste à l'organisme et doit s'opérer sous surveillance médical.

CAS PRATIQUE : 7 jours de combinaison rebond glucidique/élimination de l'eau sous-cutanée

- Jour 1

\_ Objectif : vider le glycogène progressivement.

\_ Mode d'emploi : consommez entre 50 et 100 g de glucides par jour. Buvez beaucoup (eau plate adaptée aux nourrissons : Evian, Volvic, etc.), l'indicateur de quantité est vos urines : vous devez avoir envie d'uriner fréquemment dans la journée et vos urines doivent être claires à tout moment. Rajoutez du sel dans tous vos plats, sans que cela devienne écœurant tout de même.

\_ Jour 2

\_ Objectif : continuer à vider le glycogène progressivement.

\_ Mode d'emploi : consommez entre 50 et 100 g de glucides par jour selon votre gabarit. Buvez beaucoup, autant qu'au jour 1. Rajoutez du sel dans tous vos plats comme au jour 1.

\_ jour 3

\_ Objectif : continuer à vider le glycogène progressivement.

\_ Mode d'emploi : consommez entre 50 et 100 g de glucides par jour selon votre gabarit. Toutefois si vous avez une masse musculaire importante ou que vous avez commencé le régime tardivement, vous pouvez consommer une quantité de glucides proche de zéro. Buvez beaucoup, autant qu'aux jours 1 et 2. Rajoutez du sel dans tous vos plats comme aux jours 1 et 2.

\_jour 4

\_ Objectif : commencer à recharger les muscles en glycogène progressivement (surtout pas trop vite).

\_ Mode d'emploi : commencez à introduire les glucides après l'entraînement en comptant environ 50 g de glucides par repas (maximum 300 g dans la journée). L'alimentation doit devenir pauvre en sodium. N'hésitez pas à regarder des tables de valeurs nutritionnelles des aliments. De bons choix : filet de poulet (naturel, à cuire soi-même), dinde, riz blanc, pommes de terre, bananes (pas plus de 3). Choisissez toujours des glucides à index glycémique bas ou modéré. Ne buvez pas plus de 2 litres d'eau dans la journée. Vous pouvez débuter une supplémentation en potassium légère (400 à 500 mg par jour environ) sous surveillance médicale.

\_ jour 5

\_ Objectif : continuer à recharger les muscles en glycogène progressivement.

\_ Mode d'emploi : augmentez l'apport en glucides en comptant de 50 g à 100 g de glucides par repas (maximum 500 g dans la journée). L'alimentation reste pauvre en sodium. Ne buvez pas plus de 1,5 litres d'eau dans la journée. Si une supplémentation en potassium a été initiée, poursuivez-la au même dosage.

\_ Jour 6

\_ Objectif : continuer à recharger les muscles en glycogène.

\_ Mode d'emploi : attention si vous voyez que vous êtes déjà « plein » : diminuez la quantité de glucides ! Sinon, continuez comme au jour 5 : limitez ou supprimez les glucides le soir, sauf si votre compétition a lieu le lendemain matin. L'alimentation reste pauvre en sodium. Ne buvez pas plus de 1 litre d'eau dans la journée. Si une supplémentation en potassium a été initiée, poursuivez-la au même dosage. Restez sur une diète hyperprotéinée mais diminuez fortement les lipides (un minimum). Vous pouvez éventuellement prendre des plantes diurétiques (queues de cerise, pissenlit ou bouleau).

- Jour 7 : jour J

\_ Ne buvez plus que de petites gorgées au fil de la journée. Maintenez la même alimentation. Vous pouvez introduire des glucides à index glycémiques élevés (maltodextrine par exemple) dans les heures qui précèdent. Cette méthode s'appuie sur le fonctionnement hormonal et rénal, elle marche donc pour tout le monde mais donne de meilleurs résultats lorsqu'elle est adaptée à chacun. En effet certains obtiendront le meilleur rendu visuel à J-1, d'autres à J+1. Le seul moyen de le savoir reste de faire un essai en notant précisément tout ce que l'on mange ou boit. Le deuxième essai est souvent une réussite. À noter également que l'entraînement pour ce genre de programme doit être orienté vers des séries longues

(minimum 15 répétitions). Pour finir, n'oubliez pas que ce type de régime et de préparation peut avoir des conséquences néfastes chez les personnes fragiles (malaises, hypotension). Ne vous y engagez pas si vous souffrez de problèmes rénaux ou de problèmes de tension. Faites vous suivre par un médecin

#### 4)NUTRITION SPÉCIFIQUE DE L'ENTRAÎNEMENT

l'entraînement est un moment particulier. Qu'il s'agisse d'un entraînement de musculation, de rugby ou de boxe, le corps est soumis à un certain nombre de stress qui vont avoir des répercussions importantes dans les heures et les jours qui suivent. En adoptant une nutrition adaptée et spécifique de l'effort, on va pouvoir améliorer les performances, faciliter la récupération et, à terme, accélérer la progression. Avant d'entrer dans le détail des conseils alimentaires, voyons quels sont les effets de l'entraînement sur l'organisme.

Premier effet : avec l'entraînement, les réserves d'énergie (glycogène, créatine) vont diminuer. Cette diminution des réserves contribue à la baisse de la performance et à la sensation de fatigue. Dans le sang, le taux de sucre va rester relativement bas et le taux de cortisol, une hormone catabolisante, va augmenter pour mobiliser les réserves énergétiques. Au niveau des fibres musculaires, l'entraînement va provoquer des micro-déchirures. Pour finir, la fatigue va gagner le système nerveux, on va se sentir de plus en plus faible et les performances vont dégringoler.

Que faut-il en déduire au niveau alimentaire ?

\_ La première chose à faire consiste à prévoir une collation afin d'éviter d'être à jeun avant l'entraînement.

Pourquoi ? Parce que cet apport alimentaire va contribuer d'une part à donner de l'énergie et d'autre part à retarder l'apparition du catabolisme. Si l'entraînement sollicite fortement les muscles (séance de musculation), la collation avant l'entraînement devra être assez riche en protéines (entre 20 et 40 g) et plus ou moins riche en glucides selon votre total calorique quotidien. Dans le cas d'un entraînement moins traumatisant comme à la boxe par exemple, la quantité de protéines pourra être plus faible.

\_ Pendant l'entraînement, l'objectif va être le même. On veillera simplement à ce que la boisson de l'effort soit légère sur l'estomac pour ne pas gêner l'entraînement.

\_ Après l'entraînement, l'alimentation va conditionner la récupération et la progression. Elle doit permettre de reconstituer toutes les protéines musculaires et toutes les réserves



énergétiques sans quoi il n'y a pas de progression possible (ou très peu). Dans les cas extrêmes, il peut même y avoir régression. Cette régression est incontournable en période de régime ou en sèche au fur et à mesure que le total calorique diminue. Après l'entraînement, l'objectif sera donc de maximiser la synthèse protéique pour bloquer le catabolisme et commencer la surcompensation c'est-à-dire l'hypertrophie des fibres musculaires qui conduit à la progression.

## AVANT L'ENTRAÎNEMENT

Je conseille d'apporter un mélange de protéines et de glucides. Ce mélange devra être en cours de digestion dans votre estomac lorsque vous démarrerez l'entraînement de façon à ce que le taux de sucre et d'acides aminés dans le sang soit élevé. Par conséquent il faudra choisir des aliments digestes. Il est possible de prendre par exemple du blanc de poulet accompagné de riz mais cela en ballonnera plus d'un. C'est là que les compléments alimentaires protéinés prennent tout leur sens : les poudres se digèrent rapidement et prennent peu de place dans l'estomac, ce qui permet de s'entraîner correctement. La collation sera prise idéalement trente minutes à une heure avant l'entraînement.

**Les protéines** La quantité de protéines dépendra principalement de votre gabarit : de 20 à 40 g selon votre corpulence. Elle dépendra également de la distance avec votre dernier repas. Plus vous êtes lourd et plus votre repas est lointain, plus la quantité de protéines devra être importante.

\_ Si vous privilégiez les aliments solides (par exemple si vous êtes en sèche et que vous avez très faim), au lieu des compléments en poudre, choisissez des protéines maigres : du poulet, du poisson blanc qui ne contiennent quasiment pas de lipides (les lipides peuvent provoquer des ballonnements en raison d'un temps de digestion long).

\_ Si vous prenez des protéines en poudre, choisissez un mélange de whey et de caséine en proportion égale si votre entraînement dure longtemps (plus d'une heure). En effet la whey est digérée très vite et la caséine plus lentement ; ceci permettra une disponibilité importante des acides aminés tout au long de l'entraînement, afin de lutter efficacement contre le catabolisme. Si l'entraînement est très court, la whey seule peut suffire.

**Les glucides**

La quantité de glucides avant l'entraînement reste à déterminer en fonction de vos objectifs et de votre poids. Elle se situera en général entre 30 et 70 g. Dans le cas d'un régime, il peut

arriver que la quantité de glucides prise avant l'entraînement soit nulle, on ne prend alors que les protéines et on réserve les glucides pour l'entraînement lui-même. Toutes les combinaisons sont possibles et dépendent de votre total calorique. Mais compte tenu de la demande générée par l'entraînement sur l'organisme, sachez que si vous êtes au régime, il est toujours préférable de diminuer les glucides aux autres repas et de les conserver au maximum autour de l'entraînement.

\_ Si votre alimentation est solide, privilégiez des glucides sans fibres pour ne pas entraver la digestion : riz blanc, pâtes blanches, etc. L'index glycémique élevé de ces aliments n'est pas un sujet d'inquiétude car vous allez vous entraîner, le stockage sous forme de graisse est minimisé.

\_ Si vous optez pour des glucides en poudre, tournez-vous vers de la maltodextrine en priorité ou si vous avez un petit budget. En revanche, si vous êtes amené à consommer plus de 70 g de glucides pendant la séance, il peut être intéressant de se tourner vers du waxy (amidon de maïs) ou mieux encore du Vitargo.

Les glucides à index glycémique élevé seront particulièrement utiles si votre insuline est généralement basse, c'est-à-dire pendant un régime. En effet, les aliments à IG élevé vont donner un coup de fouet, idéal pour l'entraînement. En revanche, si vous êtes en période d'alimentation hypercalorique, il est plus adapté de se tourner vers des glucides plus lents mais qui se digèrent bien. On peut citer notamment les poudres de flocons de céréales telles que les poudres de flocons d'avoine et d'orge .

## PENDANT L'ENTRAÎNEMENT

Les protéines Cette période présente la même importance en termes d'alimentation que le pré-entraînement. En revanche, ici les protéines classiques ne sont plus d'aucune utilité. En effet, le catabolisme devient intense, à tel point que la prise simultanée d'une protéine rapide comme la whey protéine ne parvient même pas à bloquer ce processus. Il n'existe qu'une forme de protéine qui ait montrée la capacité à bloquer le catabolisme pendant la séance d'entraînement, c'est l'hydrolysat . Il est donc fort judicieux d'en prendre, en particulier si l'apport en protéines avant l'entraînement a été faible ou nul. Les glucides On couplera à l'hydrolysat en priorité des glucides à index glycémique haut. L'index glycémique élevé permettra d'augmenter suffisamment la glycémie pour diminuer le taux de cortisol. Des index glycémiques bas comme le fructose ou les flocons de céréales sont totalement inadaptés. Il en

va de même des produits contenant beaucoup de graisses. Ils peuvent amener de l'énergie mais pas de bénéfice suffisant pour le muscle. Ces produits sont plus adaptés aux efforts d'endurance.

Pendant l'entraînement, la quantité de glucides dépendra de la durée de l'entraînement et de l'ensemble de l'alimentation. En moyenne, on conseille une dose de 60 g de glucides par heure d'entraînement dilués dans 800 à 900 ml d'eau environ pour obtenir une solution facile à digérer, typiquement de la maltodextrine . Pour finir un autre supplément est très intéressant à ce moment précis, ce sont les BCAA ou acides aminés branchés . En effet, ces derniers sont oxydés dans le muscle au cours de l'exercice, provoquant la baisse du taux de glutamine, un affaiblissement du système immunitaire et un catabolisme plus important. La supplémentation en BCAA va donc pallier immédiatement ce problème. De plus, ils lutteront contre la fatigue par leur action sur le système nerveux. On pourra en utiliser de 5 à 10 g selon la durée de l'entraînement.

La boisson de l'entraînement

La boisson est le moyen idéal pour apporter des minéraux basifiants sous forme de bicarbonate . En effet le bicarbonate de potassium permettra d'améliorer l'endurance pendant l'effort et si la boisson ne contient pas de protéines (les BCAA ne posent pas de problème), elle sera bien digérée. La boisson de l'effort vous apportera non seulement des nutriments mais aussi de l'eau. Cette eau va contribuer à maintenir l'hydratation et ainsi la performance puis l'anabolisme. En effet il a été montré qu'une baisse même très faible de l'hydratation se traduit immédiatement par une baisse de performance. Votre boisson sera bue préférentiellement par petites gorgées entre les séries ou pendant les moments de repos, dès l'échauffement. Ceci permettra de disposer des glucides à chaque instant. En revanche, l'hydrolysât pourra être bu à mi-chemin de l'entraînement, en une fois. Le choix de l'une ou l'autre méthode n'est pas d'une grande importance, bien que la prise unique soit plus à même d'amener de meilleurs résultats, elle est aussi plus à même de provoquer des troubles digestifs.

## APRÈS L'ENTRAÎNEMENT

À ce stade si l'alimentation a été correcte avant et pendant l'entraînement, l'organisme se trouve dans une situation de catabolisme et le muscle a besoin de protéines pour se reconstruire. Le stock de glycogène musculaire est réduit mais nettement moins que s'il n'y avait eu aucun apport nutritionnel jusqu'ici. Ceci va faciliter grandement la récupération et l'anabolisme

L'objectif consiste donc à maximiser la synthèse protéique qui lance la construction du muscle. Un grand nombre d'études ont cherché à déterminer les facteurs nutritionnels qui favorisent cette synthèse protéique et voici ce qui en ressort :

- \_ Le statut en leucine doit être satisfaisant.

- \_ La source de protéines doit se digérer rapidement.

- \_ La quantité de protéines doit être suffisante.

- \_ L'insuline doit atteindre « un certain seuil ». Avant que toutes ces informations ne soient connues, la consigne la plus souvent répétée dans le monde de la musculation consistait à consommer une forte quantité de protéines avec une bonne dose de glucides, les glucides étant censés faire exploser l'insuline ce qui assurerait en retour une synthèse protéique maximale avec les protéines. Depuis, les chercheurs ont établi que le pic d'insuline généré par les protéines seules était suffisant pour maximiser la synthèse protéique à condition que le statut en leucine soit correct et que la quantité de protéines soit elle aussi suffisante. La dose de protéines adaptée sera située autour de 40 g, agrémentée de 5 g de leucine sauf dans le cas où des BCAA ont été pris en quantité suffisante pendant la séance car ils contiennent déjà de la leucine. La protéine de choix pourrait être un hydrolysate en raison de sa rapidité de digestion mais en post-entraînement, le bénéfice ne sera pas véritablement supérieur à de la whey. Autant donc privilégier cette dernière pour son prix plus attractif. Compte tenu de la digestion très rapide de la whey, deux solutions s'offrent à vous :

- \_ soit prendre la whey immédiatement après l'entraînement puis prendre un repas solide une heure à une heure et demie après ;

- \_ soit prendre directement un repas solide agrémenté de leucine. Cette version plus simple donnera également de très bons résultats si la quantité de protéines est suffisante. Elle peut être privilégiée, par exemple, si votre total journalier de protéines est trop élevé.

## Bibliographie

(Maughan, 2004) (sharp, 2006) (Weschler, 2006) (1.8)(shireffs 1998) (1.9)(Johnson, 1998)  
1.10 (Peacock, 2012) 1.11(Mundel, 2006 b) 1.12(Flakoll, 2004) 1.13(Anderson, 2001)  
1.14(Burke,2001) 1.15(Siu , 2004) 1.16(Bergstrom, 1967) 1.17(Chryssanthopoulos, 2004)  
1.18(Bussau, 2002) 1.19(tarnopolsky, 2001) 1.20(Simonsen, 1991) 1.21(Walker 2000)  
1.22(schabort, 1999) 1.23(Goodpaster, 1996) 1.24(Kirwan, 1998) 1.25(Febbraio, 2000)  
1.26(Anantaraman, 1995) 1.27(Smith, 2002) 1.28(Wright, 1991) (1.29)(Chryssanthopoulos  
(2002) (1.30)(Burke, 2001) (1.31)(Tsintzas, 1996) (1.32)(Snow, 2000)(1.33)(McConell,  
1996) (1.34)(Ivy, 2003) (1.35)(Seifert, 2005) (1.36)(Saunders, 2004) (1.37)(Fallowfield,  
1995) (1.38)(Piehl Aulin, 2000) (1.39)(Asp, 1999) (1.40)(Ivy, 1988 ) (1.41)(Ivy, 1988 )  
(1.42)(Zehnder 2004) (1.43)(Greiwe 1999) (1.44)(Williams, 2003)–(1.45)(Carrithers, 2000)  
(1.46)Flakoll (2004) (1.47)(Cade, 1991) (1.48)(Varnier, 1995) (1.49)(Bowtell, 1999)  
(1.50)(Halsen, 2004) (1.51)(Manetta, 2002)

(2.1)(Horvath, 2000) (2.2)(Sousa, 2012) (2.3)(Van Zyl, 1996) (2.4)(Kalmar, 1999) (2.5)(Kovacs, 1998)  
(2.6)(Schneiker, 2006) (2.7)(Nagasawa, 2001) (2.8)(Nelson, 2000) (2.9)(Bregani 2005) (2.10)(Arenas,  
1991) (2.11)(Swart, 1997) (2.12)(Gorostiaga, 1989) (2.13)(Abramowicz, 2005) (2.14)(Cha, 2001)  
(2.15)(Maggini 2000) (2.16)(Dubrovskii, 1982) (2.17)(Jenkins, 2001) (2.18)(Wing-Gaia, 2005;  
Leibetseder, 2006) (2.19)(Gruber, 2005; Schoenberg, 2002)

(3.1)(Cayol, 1997) (3.2)(Tipton (1999) (3.3)(James. 1976) (3.4)(Kobayashi, 2003) (3.5)(Biolo, 2005)  
(3.6)(Lemon, 1997) (3.7)(Iiappis 1979) (3.8)(Gaine, 2006) (3.9)(Van Hall, 1998 (3.10)(Volk, 2001)  
(3.11)(Pitkanen (2002 a) (3.12)(Pitkanen, 2002 b) (3.13)(Oliveira, 2005) (3.14)(Sallinen, 2004)  
(3.15)(Tang, 2007) (3.16)(Churchward-Venne, 2012) (3.17)(Pennings, 2012) (3.18)(Kerstetter, 2003)  
(3.19)(Dawson-Hughes, 2004) (3.20)(Mullins, 2005) (3.21)(Sindayikengera, 2006)  
(3.22)(Sindayikengera, 2006) (3.23)(Farnfield 2005) (3.24)(Burke, 2001) (3.25)(Lands, 1999)  
(3.26)(Cribb, 2006) (3.27)(Demling, 2000) (3.28)(Elliot, 2006) (3.29)(Boirie, 1997) (3.30)(Res, 2012)  
(3.31)(Tipton, 2004) (3.32)(Olsen, 2006) (3.33)(Soop, 2012) (3.34)(Kerksick, 2006) (3.35)(Mero, 1997)  
(3.36)(Buckley, 2003) (3.37)(Brinkworth, 2004) (3.38)(Antonio, 2001) (3.39)(Bos, 2003)  
(3.40)(Phillips, 2005) (3.41)(Brown, 2004) (3.42)(Dillingham, 2005) (3.43)(Borrione, 2012)  
(3.44)(Rossi, 2000) (3.45)(Stroescu, 2001) (3.46)(Hulmi, 2005) (3.47)(Chandler, 1994) (3.48)(Kraemer,  
2006 b) (3.49)(Sallinen, 2004) (3.50)(Paddon-Jones, 2004) (3.51)(Biolo, 1997) (3.52)(Tipton, 2003)  
(3.53)(Biolo, 2004) (3.54)(Levenhagen, 2001) (3.55)(Tipton, 2001) (3.56)(Andersen, 2005)  
(3.57)(Milh 2003) (3.58)(Levenhagen, 2002) (3.59)(Gaudichon, 1999) (3.60)(Rozenek, 2002)

(3.61)(Kraemer, 1998) (3.62)(Caronia, 2012) (3.63)(Kreider, 1996) (3.64)(Harris, 2006) (3.65)(Kelsey, 2004) (3.66)(Paddon-Jones, 2005) (3.67)(Koopman, 2005) (3.68)(Borsheim, 2004) (3.69)(Coburn, 2006) (3.70)(Antonio, 2000 b) (3.71)(Kraemer (2006 a) (3.72)(Sugita, 2001 a) (3.73)(Sugita, 2001 b) (3.74)(Sugita, 2003)

(4.1)(Stein, 1999) (4.2)(Mero, 1997 b) (4.3)(Karlsson, 2004) (4.4)(Blomstrand, 2001)  
(4.5)(Blomstrand, 1992; Matsubara, 1999) (4.6)(Candeloro, 1995) (4.7)(Ganzit, 1997)  
(4.8)(Blomstrand, 2001) (4.9)(Fu-Chun, 2006) (4.10)(Schena, 1992) (4.11)(Crowe, 2006)  
(4.12)(Karlsson, 2004) (4.13)(Van Hall, 1996) (4.14)(Kuhn 1999) (4.15)(Haussinger, 1993)  
(4.16)(Welbourne, 1995) (4.17)(Keast, 1998) (4.18)(Rohde, 1998) (4.19)(Hiscock, 1998)  
(4.20)(Kingsbury, 1998) (4.21)(Smith, 2000) (4.22)(Bailey, 1998) (4.23)(Mittendorfer, 2001)  
(4.24)(Ziegler, 1996) (4.25)(Bowtell, 1999) (4.26)(Aoki, 1981) (4.27)(Castillo, 1995)  
(4.28)(Medelli, 2003) (4.29)(Pitkanen, 2002 a) (4.30)(Pitkanen, 2002 b) (4.31)(Lacroix, 1981)  
(4.32)(Boudjemaa (1989) (4.33)(Léglise, 1970) (4.34)(Elam, 1989) (4.35)(Elam, 1988)  
(4.36)(Walberg-Rankin, 1994) (4.37)(Gremion, 1987) (4.38)(Gremion, 1989)  
(4.39)(Schaefer, 2002) (4.40)(Burtscher, 2005) (4.41)(Abel (2005) (4.42)d'Isidori (1981)  
(4.43)(Suminsky, 1997) (4.44)(Moore (1998) (4.45)(Wideman (2000) (4.45)(Wideman (2000)  
(4.46)(Suminski, 1997) (4.47)(Kharitonov, 1995) (4.48)(Tang, 2011) (4.49)(Evans, 2004)  
(4.50)(Collier, 2005) (4.51)(Hickner, 2006) (4.52)(Nissen, 1996) (4.53)(Hoffman, 2004)  
(4.54)(Ransone, 2003) (4.55)(Slater, 2001) (4.56)(Van Koevering, 1994) (4.57)(Smith, 2004).  
(4.58)(Baxter, 2005) (4.59)(Crowe, 2003) (4.60)(Vukovich, 2001) (4.61)(Suzuki, 2002)  
(4.62)(Mannion, 1992) (4.63)(Talon, 2005) (4.64)(Harris, 2005) (4.65)(Stout, 2005) (4.66)(  
Rakes, 2005) (4.67)(Sutton, 2005) (4.68)(Haff, 2000) (4.69)(Tarpennig, 2001) (4.70)(Bird, 2006)

(5.1)(Brilla, 2000) (5.2)(Wilborn, 2004) (5.3)(Burrone, 2012) (5.4)(Aoki, 2012)

(5.5)(Ballard, 2005) (5.6)(Hurson, 1995) (5.7)(Woodside, 2006) (5.8)(Alvares, 2012)

(5.9)(Zhang, 2012) (5.10)(Gee, 2012) (5.11)(Vorce, 2011) (5.12)(Cermak, 2012; Lansley, 2011)

(5.13)(Piehl Aulin, 2000) (5.14)(Fawcett, 1996) (5.15)(Calbet, 2002) (5.16)(Bird, 2006)  
(5.17)(Paton, 2010) (5.18)(Beaven, 2008) (5.19)(Ramazanov, 2003) (5.20)(Willoughby, 2004)  
(5.21)(Drummond, 2009) (5.22)(Kühnke, 2006) (5.23)(Hulmi, 2009) (5.24)(Benedict, 1923)  
(5.25)(Vierck, 2003) (5.26)(Brannon, 1997) (5.27)(Olsen, 2006) (5.28)(Tarnopolsky, 2000)  
(5.29)(Rawson, 2002) (5.30)(Syrotuik, 2004) (5.31)(Hirvonen (1992) (5.32)(Volek (1999)  
(5.33)(Bizzarini, 2004) (5.34)(Bledsoe, 1998) (5.35)(Antonio (2002 b) (5.36)(Coirault, 1960)  
(5.37)(Saitta, 1965) (5.38)(Amtmann, 2008) (5.39)(McNaughton, 1992) (5.40)(Shave, 2001)  
(5.41)(Edge, 2006) (5.42)(Siegler, 2010) (5.43)(Carr, 2011 ) (5.44)(D'après McNaughton, L.R. et al.:  
Effect of sodium bicarbonate ingestion on high intensity exercise in moderetely trained women. J.  
Strength Cond. Res., 11 :98, 1997).

(6.1)(Galan, 1997) (6.2)(Arnaud, 2003) (6.3)(Guinot, 2000) (6.4)(Finaud, 2003)  
(6.5)(Groussard, 2004) (6.6)(Machefer, 2006) (6.7)(Guezennec, 1998) (6.8)(Wenk (1993)  
(6.9)(DeRuisseau (2002) (6.10)(Kleses, 1996) (6.11)(Dam, 1978) (6.12)(Hauswirth (2006)  
(6.13)(Fry, 2006) (6.14)(Weight, 1988) (6.15)(Clarkson, 1995) (6.16)(Aguilo. 2004)  
(6.17)(Uchiyama (2006) (6.18)(Brites, 1999) (6.19)(Machefer, 2006) (6.20)(Watson (2005)  
(6.21)(Kinscherf (1996) (6.22)(Childs (2001) (6.23)(Andersson, 2002)  
(6.24)(Agren, 1991; Brilla, 1990) (6.25)(Astorg (2004) (6.26)(Chos (2001) (6.27)(Finaud (2003)  
(6.28)(Pinkoski (2006) (6.29)(Berg, 1999) (6.30)(Jung (2005) (6.31)(Stofan (2005)  
(6.32)(Bergeron (1996) (6.33)(Greenwood (2003) (6.34)(Chang, 2002) (6.35)(Williams (2001)  
(6.36)(Malm, 2006) (6.37)(Hagobian, 2006) (6.38)(Bishop, 2001) (6.39)(Scharhag (2006)  
(6.40)(Castell (1996) (6.41)(Bassit, 2000) (6.42)(Clancy (2006)  
(6.43)Gleeson (2011, 2012) et Cox (2010) (6.44)(Bishop, 2006) (6.45)(König, 1997)  
(6.46)(Robson, 2003) (6.47)(Gonçalves, 2012) (6.48)Tomten (2006) (6.49)(Rudzki, 1995)

(6.50)(Chai, 2001) (6.51)(Oktedalen (1992) (6.52)(Rehrer, 2001) (6.53)(Ashton, 2003)  
(6.54)(Bailey, 2000) (6.55)(Morton, 2003) (6.56)(Morton, 2002) (6.57)(Morton, 2004)  
(6.58)Plunkett (1999) (6.59)(Bowen (2006) (6.60)(Jozkow, 2006) (6.61)(Rodriguez-Stanley, 2006)  
(6.62)(Cavas, 2004) (6.63)(Senturk, 2005) (6.64)(Robin, 2002) (6.65)(Robinson, 2006)  
(6.66)(Cohen, 1997) (6.67)(Neuman, 2000) (6.68)(Falk, 2005) (6.69)(Brinkworth, 2003)  
(6.70)(Baumann (2005) (6.71)(Mickleborough, 2006) (6.72)(Nadelson, 2006) (6.73)(Narin, 2003)  
(6.74)(Sullivan (2000) (6.75) Flakoll (6.76)Van Someren (2005) (6.77)Paddon-Jones (2001)  
(6.78)(Shimomura, 2006) (6.79)Howatson (2012) (6.80)Millard-Stafford (2005)  
(6.81)(Giamberardino, 1996) (6.82)Volek (2002) (6.83)Bloomer (2004) (6.84)(Shafat, 2004)  
(6.85)(Thompson (2001) (6.86)(Close (2006) (6.87)(Kingsley, 2005) (6.88)(Miller, 2004)  
(6.89)(Braun (2005) (6.90)(Cleary, 2004) (6.91)(Huang (2006)  
(6.92)(Almekinders, 1995; Brandt, 1987) (6.93)(Kessler (2006) (6.94)(Poolsup (2005)  
(6.95)(Reginster, 2001) (6.96)Pavelka (2002) (6.97)(Tant, 2006) (6.98)(Biggee, 2006)  
(6.99)(Cohen, 2003) (6.100)(Leffler, 1999) (6.101)(Ostojic, 2007) (6.102)(Yoshimura (2009)  
  
(7.1)(Hoffer (2001) (7.2)(Cohen, 2003) (7.3)Mathieu (2002)  
(7.4)(Nakhostin-Roohi, 2011) Kim (2006) (7.5)Debbi (2011) (7.6)(Usha, 2004)  
(7.7)(Moskowitz, 2000) (7.8)(Pearson, 2000) (7.9)(Berbert 2005) (7.10)(Tidow-Kebritchi, 2001)  
(7.11)(Zurier, 1996) (7.12)(Sharan, 2011) (7.13)(Kraemer, 2004) (7.14)(Hesslink, 2002)  
(7.15)(Jugdaohsingh, 2002) (7.16)(Nasolodin (1987) (7.17)(Vormann, 2001)  
(7.18)(Heliovaara, 1994) (7.19)(Greenwood, 2003) (7.20)(Teste, 2005) (7.21)(Bennell (1996)  
(7.22)(Klesges, 1996) (7.23)(Guillemant, 2004) (7.24)(Constantini, 2010)  
(7.25)(Hamilton, 2011 ; Larson-Meyer, 2010) (7.26)(Ballard (2005)  
  
(8.1)Friedlander (2005) (8.2)(Shapses, 2006) (8.3)(Henning, 1998) (8.4)(Koot, 1995)  
(8.5)Lopez-Garcia (2006) (8.6)(Martinet, 1999) (8.7)(Andersen, 2001) (8.8)(Dulloo, 1999)  
(8.9)(Chantre, 2002) (8.10)(Diepvens, 2005) (8.11)Colker (1999) (8.12)Godard (2005)



(8.13)(Vikman, 1996) (8.14)(Galitzky, 1993) (8.15)(McCarty, 2002) (8.16)Kucio (1991)  
(8.17)(Betz, 1995 ; Zanolari, 2003) (8.18)Zemel (2000) (8.19)(Zemel, 2005)  
(8.20)(Thompson, 2005) (8.21)Lelovics (2004) (8.22)(Lanou, 2005) (8.23)Melanson (2005)  
(8.24)(Jensen, 2001) (8.25)(Cifuentes, 2004) (8.26)(Wutzke, 2004) (8.27)Villani (2000)  
(8.28)Schaffhauser (2000) (8.29)(Zajac, 2001) (8.30)(Phinney, 1990). Couet (1997)  
(8.31)(Noreen, 2010) (8.32)(Haugen, 2004) (8.33)(Gaullier, 2002) (8.34)(Dunn, 2006)  
(8.35)(Bell, 2006) (8.36)(Johnston, 2005) (8.37)(Naylor, 1985) (8.38)Ballard (2006)  
(8.39)Jung (2003) (8.40)(Fernstrom, 1994) (8.41)(Rolls, 1991) (8.42)(Rogers, 1991)  
(8.43)(Blackburn, 1997) (8.44)(Hermanussen, 2006) (8.45)(Maclean, 2004) (8.46)Williamson  
(1991) (8.47)(Jensen, 2005-2003) (8.48)Lopez-Garcia (2006)  
(8.49)(Mundel, 2006 a) (8.50)(Keithley, 2005; Birketvedt, 2005; Walsh. 1984)  
(8.51)(Kovacs, 2001) (8.52)(Pittler, 2001) (8.53)(Heini, 1998)  
(8.54)(Zahorska Markiewicz, 1995) (8.55)(Mhurchu, 2005)

## Bibliographie

Abel T., et al. Influence of chronic supplementation of arginine aspartate in endurance athletes on performance and substrate metabolism · a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *IntJ Sports Med.* 2005 Jun; 26(15):344-9.

Abraham E.H., et al. Effects of oral ATP supplementation on anaerobic power and muscular strength. *Med Sei Sports Exerc.* 2004 Jun; 36(16):983-90.

Abramowicz W.N., et al. Effects of acute versus chronic L-carnitine L-tartrate supplementation on metabolic responses to steady state exercise in males and females. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005 Aug; 15(14):386-400.

Agren J.J., et al. Fish diet and physical fitness in relation to membrane and serum lipids, prostanoid metabolism and platelet aggregation in female students. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1991; 63(5):393-8.

Aguilo A., et al. Antioxidant diet supplementation influences blood iron status in endurance athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004Apr; 14(2):147-60.

Ajibola A. Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. *Nutrition & Metabolism.* 2012; 9:61.

Almekinders L.C., et al. An in vitro investigation into the effects of repetitive motion and nonsteroidal antiinflammatory medication on human tendon fibroblasts. *Am J Sports Med.* 1995 Jan-Feb; 23(1 ):119-23.

Alvares T.S. Acute L-arginine supplementation increases muscle blood volume but not strength performance. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2012 Feb; 37(1):115-26.

Anantaraman R., et al. Effects of carbohydrate supplementation on performance during one hour of high-intensity exercise. *IntJ Sports Med.* 1995 Oct; 16(7):461-5.

Andersen L.L., et al. The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism.* 2005 Feb; 54(2):151-6.

Andersen T., et al. Weight loss and delayed gastric emptying following a South American herbal preparation in overweight patients. *J Hum Nutr Diet* 2001 Jun; 14(3):243-50.

Anderson M.J., et al. Effect of glycerol-induced hyperhydration on thermoregulation and metabolism during exercise in heat. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001 Sep; 11(3):315-33.

Anderson M.L. A preliminary investigation of the enzymatic inhibition of 5 $\alpha$ -reduction and growth of prostatic carcinoma cell line LNCap-FGC by natural astaxanthin and Saw Palmetto lipid extract in vitro. *J Herb Pharmacother.* 2005; 5(1):17-26.

Andersson A., et al. Fatty acid composition of skeletal muscle reflects dietary fat composition

in humans. *Am J Clin Nutr.* 2002 Oct; 76(16):1222-9.

Angus D.J., et al: Effect of carbohydrate or carbohydrate plus medium-chain triglyceride ingestion on cycling time trial performance. *J Appl Physiol.* 2000 Jan; 88(1):113-9.

Antonio J., et al. Effects of a standardized guggulsterone phosphate supplement on body composition in overweight adults:

A pilot study. *Curr Ther Res* 1999; 60: 220-227.

Antonio J., et al. Effects of exercise training and amino-acid supplementation on body composition and physical performance in untrained women. *Nutrition.* 2000b Nov-Dec; 16(11-12):1043-6.

Antonio J., et al. The effects of bovine colostrum supplementation on body composition and exercise performance in active men and women. *Nutrition.* 2001 Mar; 17(3):243-7.

Antonio J., et al. The effects of high-dose glutamine ingestion on weightlifting performance. *J Strength Cond Res.* 2002 Feb; 16(1):157-60.

Antonio J., et al. The effects of four weeks of ribose supplementation on body composition and exercise performance in healthy, young, male recreational bodybuilders: a doubleblind, placebo-controlled trial. *Curr Ther Res* 2002b Aug; 63(8):486-495.

Aoki H. Clinical assessment of a supplement of Pycnogenol® and L-arginine in Japanese patients with mild to moderate erectile dysfunction. *Phytother Res.* 2012 Feb; 26(2):204-7.

Aoki T.T., et al. Leucine meal increases glutamine and total nitrogen release from forearm muscle. *J Clin Invest.* 1981 Oct; 68(16):1522-8.

Arenas J. et al. Carnitine in muscle, serum, and urine of nonprofessional athletes: effects of physical exercise, training, and L-carnitine administration. *Muscle Nerve.* 1991 Jul; 14(7):598-604.

Armstrong L.E., et al. Fluid, electrolyte, and renal indices of hydration during 11 days of controlled caffeine consumption. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005 Jun; 15(3):252-65.

Arnaud J., et al. Serum selenium determinants in French adults: the SU.VI.M.AX study. *Br J Nutr.* 2006 Feb; 95(2):313-20.

Arts I.C. Adenosine 5'-triphosphate (ATP) supplements are not orally bioavailable: a randomized, placebo controlled crossover trial in healthy humans. *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* 2012; 9:16.

Ashton T., et al. Exercise-induced endotoxemia: the effect of ascorbic acid supplementation. *Free Radic Biol Med.* 2003 Aug 1; 35(3):284-91.

Asp S., et al. Muscle glycogen accumulation after a marathon: effects of fiber type and pro- and macroglycogen. *J Appl Physiol.* 1999 Feb; 86(2):474-8.

Astorg P., et al. Dietary intakes and food sources of n-6 and n-3 PUFA in French adult men

and women. *Lipids*. 2004 Jun;

Ballard T.L., et al. Effect of protein supplementation during a 1-month strength and conditioning program on insulin-like growth factor I and markers of bone turnover in young adults. *Am J Clin Nutr*. 2005 Jun; 81(6):1442-8.

Ballard T., et al. Naringin does not alter caffeine pharmacokinetics, energy expenditure, or cardiovascular haemodynamics in humans following caffeine consumption. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 2006 April; 33(4): 310.

Banni S., et al. Conjugated linoleic acids (CLA) as precursors of a distinct family of PUFA. *Lipids*. 2004 Nov; 39(11 ):1143-6.

Bassit R.A., et al. The effect of BCAA supplementation upon the immune response of triathletes. *Med Sei Sports Exerc*. 2000 Jul; 32(7):1214-9.

Baurmann J.M., et al. Effects of cysteine donor supplementation on exercise-induced bronchoconstriction. *Med Sei Sports Exerc*. 2005 Sep; 37(9):1468-73.

Baxter J.H. et al. Dietary toxicity of calcium beta-hydroxy-beta-methyl butyrate (CaHMB). *Food Chem Toxicol*. 2005 Dec; 43(12):1731-41.

Beaven C.M. Dose effect of caffeine on testosterone and cortisol responses to resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2008 Apr; 18(2):131-41

Bell C., et al. Thermogenic responsiveness to  $\beta$ -adrenergic stimulation is augmented in exercising versus sedentary adults: role of oxidative stress. *J Physiol*. 2006; 570.3; pp 629-635.

Below P.R., et al. Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during one hour of intense exercise. *Med Sei Sports Exerc*. 1995 Feb; 27(2):200-10.

Benedict S.R. Studies in creatine and creatinine metabolism. *J Biol Chem*. 1923; 56: 229.

Bennell K.L., et al. Effect of altered reproductive function and lowered testosterone levels on bone density in male endurance athletes. *Br J Sports Med*. 1996 Sep; 30(3):205-8.

Berg A., et al. Influence of Echinacin (EC31) treatment on the exercise-induced immune response in athletes. *J Clin Res*. 1998; 1: 367-380.

Berg A., et al. The gastrointestinal system - an essential target organ of the athlete's health and physical performance. *Exerc Immunol Rev*. 1999; 5: 78-95.

Bergeron M.F. Heat cramps during tennis: a case report. *Int J Sport Nutr*. 1996 Mar; 6(1):62-8.

Bergstrom J., et al. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol Scand*. 1967 Oct-Nov; 71(2):140-50.

Bhatt A.D. et al. Conceptual and methodologic challenges of assessing the short-term

efficacy of Guggulu in obesity: data emergent from a naturalistic clinical trial. *J Postgrad Med.* 1995 Jan-Mar; 41(1):5-7.

Biggee B.A., et al. Low levels of human serum glucosamine alter ingestion of glucosamine sulphate relative to capability for peripheral effectiveness. *Ann Rheum Dis.* 2006 Feb; 65(2):222-6.

Biolo G., et al. An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle prote in. *Am J Physiol.* 1997 Jul; 273(1 Pt 1): E122-9.

Biolo G., et al. Short-term bed rest impairs amino acid-induced prote in anabolism in humans. *J Physiol.* 2004 Jul 15; 558 ( Pt 2): 381-8.

Biolo G., et al. Metabolic consequences of physical inactivity. *J Ren Nutr.* 2005Jan; 15(1):49-53.

Bird S.P., et al. Effects of liquid carbohydrate/essential amino acid ingestion on acute hormonal response during a single bout of resistance exercise in untrained men. *Nutrition.* 2006a Apr; 22(4):367-375.

Bird S.P., et al. Independent and combined effects of liquid carbohydrate/essential amino acid ingestion on hormonal and muscular adaptations following resistance training in untrained men. *Eur J Appl Physiol.* 2006b May; 97(2):225-38.

Birketvedt G.S., et al. Experiences with three different fiber supplements in weight reduction. *Med Sei Mo nit.* 2005 Jan; 11(1):P15-8.

Bishop N.C. Pre-exercise carbohydrate status and immune responses to prolonged cycling: II. Effect on plasma cytokine concentration. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001 Dec; 11(4):503-12.

Bishop N.C., et al. Salivary IgA responses to prolonged intensive exercise following caffeine ingestion. *Med Sei Sports Exerc.* 2006 Mar; 38(3):513-9.

Bizzarini E., et al. Is the use of oral creatine supplementation safe? *J Sports Med Phys Fitness.* 2004 Dec; 44(4):411-6.

Blackburn G.L., et al. The effect of aspartame as part of a multidisciplinary weight-control program on short- and long-term control of body weight. *Am J Clin Nutr.* 1997 Feb; 65(2):409-18.

Bledsoe J. This new research throws fresh light (yes, honestly) on the benefits of creatine. *Peak performance.* 1998; 112: 2.

Blomstrand E. Amino acids and central fatigue. *Amino Acids.* 2001; 20(1):25-34.

Blomstrand E., et al. Effect of branched-chain amino acid supplementation on the exercise-induced change in aromatic amino acid concentration in human muscle. *Acta Physiol Scand.* 1992 Nov; 146(3):293-8.

Bloomer R.J., et al. Effects of antioxidant therapy in women exposed to eccentric exercise. *Int*

J Sport Nutr Exerc Metab. 2004 Aug; 14(4):377-88.

Bo-Linn G.W., et al. Starch blockers - their effect on calorie absorption from a high-starch meal. N Engl J Med. 1982 Dec 2; 307(23):1413-6.

Borrione P. Consumption and biochemical impact of commercially available plant-derived nutritional supplements: an observational pilot-study on recreational athletes. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2012; 9:28.

Borsheim E., et al. Effect of an amino acid, protein, and carbohydrate mixture on net muscle protein balance after resistance exercise. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2004 Jun; 14(3):255-71.

Bos C., et al. Postprandial kinetics of dietary amino acids are the main determinant of their metabolism after soy or milk protein ingestion in humans. J Nutr. 2003 May; 133(5):1308-15.

Boudjemaa B. Effet de l'arginine sur des haltérophiles en préparation compétitive. Médecine Sport. 1989; 63(4):186.

Bowen R.L. Nausea and high serum osmolality during a simulated ultraendurance adventure race: a case-control study. Int J Sports Physiol Perf. 2006 June; 1(2): 176-185.

Bowtell J.L., et al. Effect of oral glutamine on whole body carbohydrate storage during recovery from exhaustive exercise. J Appl Physiol. 1999 Jun; 86(6):1770-7.

Brandt K.D. Effects of nonsteroidal anti-inflammatory drugs on chondrocyte metabolism in vitro and in vivo. Am J Med. 1987 Nov 20; 83(5A): 29-34.

Brannon T.A., et al. Effects of creatine loading and training on running performance and biochemical properties of rat skeletal muscle. Med Sci Sports Exerc. 1997 Apr; 29(4):489-95.

Braun W.A., et al. The effects of chondroitin sulfate supplementation on indices of muscle damage induced by eccentric arm exercise. J Sports Med Phys Fitness. 2005 Dec; 45(4):553-60.

Bregani E.R., et al. Creatine combined with branched-chain amino acids supplement in sports practice: a scientifically controlled trial. Med Sport. 2005. 58: 233-9.

Brilla L.R., et al. Effect of fish oil supplementation and exercise on serum lipids and aerobic fitness. J Sports Med Phys Fitness. 1990 Jun; 30(2):173-80.

Brilla L.R., et al. Effects of a novel zinc-magnesium formulation on hormones and strength. Journal of Exercise Physiology online. 2000 Oct; 3(4):26.

Brinkworth G.D., et al. Concentrated bovine colostrum protein supplementation reduces the incidence of self-reported symptoms of upper respiratory tract infection in adult males. Eur J Nutr. 2003 Aug; 42(4):228-32.

Brinkworth G.D. et al. Effect of bovine colostrum supplementation on the composition of

resistance trained and untrained limbs in healthy young men. *Eur J Appl Physiol*. 2004 Jan; 91(1):53-60.

Brites F.D. et al. Soccer players under regular training show oxidative stress but an improved plasma antioxidant status. *Clin Sci (Lond)*. 1999 Apr; 96(4):381-5.

Brown E.C. et al. Soy versus whey protein bars: effects on exercise training impact on lean body mass and antioxidant status. *Nutr J*. 2004 Dec 8; 3:22.

Buckley J.D., et al. Effect of bovine colostrum on anaerobic exercise performance and plasma insulin-like growth factor 1. *J Sports Sci*. 2003 Jul; 21(7):577-88.

Burke D.G., et al. The effect of whey protein supplementation with and without creatine monohydrate combined with resistance training on lean tissue mass and muscle strength. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2001 Sep; 11(3):349-64.

Burke L.M., et al. Guidelines for daily carbohydrate intake: do athletes achieve them? *Sports Med*. 2001; 31(4):267-99.

Burrone L. Steroidogenic gene expression following L-aspartate treatment in frog testis. *Gen Comp Endocrinol*. 2012 Jan 1; 175(1) 109-17.

Burtscher M., et al. The prolonged intake of L-arginine-L-aspartate reduces blood lactate accumulation and oxygen consumption during submaximal exercise. *J Sports Sci Med*. 2005 4: 314.

Bussau V.A. et al. Carbohydrate loading in human muscle: an improved 1 day protocol. *Eur J Appl Physiol*. 2002 Jul; 87(3):290-5.

Butchko H.H., et al. Aspartame: review of safety. *Regul Toxicol*

*Pharmacol*. 2002 Apr; 35(2 Pt 2): S1-93.

Cade J.R., et al. Dietary intervention and training in swimmers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1991; 63(3-4):210-5.

Calbet J.A. Plasma glucagon and insulin responses depend on the rate of appearance of amino acids after ingestion of different protein solutions in humans. *J Nutr*. 2002 Aug; 132(8):2174-82.

Candeloro N. et al. Effects of prolonged administration of branched-chain amino acids on body composition and physical fitness. *Minerva Endocrinol*. 1995 Oct; 20(4):217-23.

Candow D.G., et al. Effect of glutamine supplementation combined with resistance training in young adults. *Eur J Appl Physiol*. 2001 Dec; 86(2):142-9.

Carlson G.L., et al. A bean alpha-amylase inhibitor formulation (starch blocker) is ineffective in man. *Science*. 1983 Jan 28; 219(4583):393-5.

Carrithers J.A., et al. Effects of postexercise carbohydrate-protein feedings on muscle

glycogen restoration. *J Appl Physiol.* 2000 Jun; 88(6):1976-82.

Caronia L.M. Abrupt decrease in serum testosterone levels alter an oral glucose load in men: implications for screening for hypogonadism. *Clinical Endocrinology.* 2012.

Carr A.J. Effects of acute alkalosis and acidosis on performance: a meta-analysis. *Sports Med.* 2011 Oct 1; 41(10):801-14. Carter J.M. • et al. The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. *Med Sei Sports Exerc.* 2004 Dec; 36(12):2107-11.

Castell L.M. .. et al. Does glutamine have a role in reducing infections in athletes? *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*1996; 73(5):488-90

Castillo L., et al. Plasma arginine, citrulline, and ornithine kinetics in adults, with observations on nitric oxide synthesis. *Am J Physiol.* 1995 Feb; 268(2 Pt 1): E360-7.

Cavas L., et al. Effects of vitamin-mineral supplementation on cardiac marker and radical scavenging enzymes, and MDA levels in young swimmers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004 Apr; 14(2):133-46.

Cayol M., et al. Influence of protein intake on whole body and splanchnic leucine kinetics in humans. *Am J Physiol.* 1997 Apr; 272(4 Pt 1): E584-91.

Cermak N.M. Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2012 Feb; 22(1):64-71.

Cifuentes M., et al. Weight loss and calcium intake influence calcium absorption in overweight postmenopausal women. *Am J Clin Nutr.* 2004 Jul; 80(1 ):123-30.

Cha V.S., et al. Effects of carnitine coingested caffeine on carnitine metabolism and endurance capacity in athletes. *J Nutr Sei Vitaminol (Tokyo).* 2001 Dec; 47(6):378-84.

Chandler R.M., et al. Dietary supplements affect the anabolic hormones afterweight-training exercise. *J Appl Physiol.* 1994 Feb; 76(2):839-45.

Chantre P., et al. Recent findings of green tea extra et AR25 (Exolise) and its activity for the treatment of obesity. *Phytomedicine.* 2002 Jan; 9(1):3-8.

Chang C.T., et al. Creatine monohydrate treatment alleviates muscle cramps associated with haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant.* 2002 Nov; 17(11):1978-81.

Chanutin A. The fate of creatine when administered to man. *J Biol Chem.* 1926; 67: 29.

Chi Ids A., et al. Supplementation with vitam in C and N-acetylcysteine increases oxidative stress in humans alter an acute muscle injury induced by eccentric exercise. *Free Radie Biol Med.* 2001 Sep 15; 31(6):745-53.

Choi S.C., et al. The role of gastrointestinal endoscopy in longdistance runners with gastrointestinal symptoms. *Eur J Gastroenterol Hepatol.* 2001 Sep; 13(9):1089-94.

Chos D .. et al. Micronutritional supplementation of the French swimming team. *Méd Sport.*



1999; 73 (3): 12.

Chos D. Biologie nutritionnelle et complémentation du sportif de haut niveau. Méd Sport. 2001 Mai: 52.

Chryssanthopoulos C., et al. The effect of a high carbohydrate meal on endurance running capacity. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2002 Jun; 12(2):157-71.

Chryssanthopoulos C., et al. Skeletal muscle glycogen concentration and metabolic responses following a high glycaemic carbohydrate breakfast. J Sports Sci. 2004 Nov-Dec; 22(11-12):1065-71.

Chupin S.P., et al. Use of Apilak (royal jelly) in sports medicine. Sports Training Med Rehab. 1988 88: 13-15.

Churchward-Venne T.A. Supplementation of a suboptimal protein dose with leucine or essential amino acids: effects on myofibrillar protein synthesis at rest and following resistance exercise in men. J Physiol. 2012 Jun 1; 590(Pt 11):2751-65.

Clancy R.L., et al. Reversal in fatigued athletes of a defect in interferon secretion after administration of *Lactobacillus acidophilus*. British Journal of Sports Medicine. 2006; 40: 351-354.

Clarkson P.M., et al. Exercise and mineral status of athletes: calcium, magnesium, phosphorus, and iron. Med Sci Sports Exerc. 1995 Jun; 27(6):831-43.

Cleary M.A., et al. Dehydration and symptoms of delayed-onset muscle soreness in hyperthermic males. J Athl Train. 2005 Oct-Dec; 40(4):288-97.

Close G.L., et al. Ascorbic acid supplementation does not attenuate post-exercise muscle soreness following muscle-damaging exercise but may delay the recovery process. Br J Nutr 2006 May; 95(5):976-81.

Coburn J.W., et al. Effects of leucine and whey protein supplementation during eight weeks of unilateral resistance training. J Strength Cond Res. 2006 May; 20(2):284-91.

Cohen H.A. et al. Blocking effect of vitamin C in exercise-induced asthma. Arch Pediatr Adolesc Med. 1997 Apr; 151(4):367-70.

Cohen M., et al. A randomized, double blind, placebo controlled trial of a topical cream containing glucosamine sulfate, chondroitin sulfate, and camphor for osteoarthritis of the knee. J Rheumatol. 2003 Mar; 30(3):523-8.

Coirault B. et al. L'acide uridine-5-triphosphorique (UTP) en thérapeutique. Presse Med. 1960; 68: 1169.

Colker C.M., et al. Effects of Citrus aurantium extract, caffeine, and St. John's Wort on body fat loss, lipid levels, and mood states in overweight healthy adults. Cur Ther Res. 1999; 60: 145-153.

Collier S.R., et al. Growth hormone responses to varying doses of oral arginine. Growth

Horm IGF Res. 2005 Apr; 15(2):136-9.

Collis N., et al. Cellulite treatment: a myth or reality: a prospective randomized, controlled trial of two therapies, endermologie and aminophylline cream. *Plast Reconstr Surg*. 1999 Sep; 104(4):1110-4.

Colson S.N., et al. Cordyceps sinensis- and Rhodiola roseabased supplementation in male cyclists and its effect on muscle tissue oxygen saturation. *J Strength Cond Res*. 2005 May; 19(2):358-63.

Constantini N.W. High prevalence of vitamin D insufficiency in athletes and dancers. *Clin J Sport Med*. 2010 Sep; 20(5):368-71.

Couet C., et al. Effect of dietary fish oil on body fat mass and basal fat oxidation in healthy adults. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1997 Aug; 21(8):637-43.

Cox A.J. Oral administration of the probiotic *Lactobacillus fermentum* VRI-003 and mucosal immunity in endurance athletes. *Br J Sports Med*. 2010 Mar; 44(4):222-6.

Cribb P.J., et al. The effect of whey isolate and resistance training on strength, body composition and plasma glutamine. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2006 Oct; 16(5).

Crim M.C., et al. Creatine metabolism in men: urinary creatine and creatinine excretions with creatine feeding. *J Nutr*. 1975 Apr; 105(4):428-38.

Crowe M.J., et al. The effects of (HMB) and HMB/creatine supplementation on indices of health in highly trained athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2003 Jun; 13(2):184-97.

Crowe M.J., et al. Effects of dietary leucine supplementation on exercise performance. *Eur J Appl Physiol*. 2006 Aug; 97(6):664-672.

Dam B.V. Vitamins and sport. *Br J Sports Med*. 1978 Jun; 12(2):74-9

Dawson-Hughes B., et al. Effect of dietary protein supplements on calcium excretion in healthy older men and women. *J Clin Endocrinol Metab*. 2004 Mar; 89(3):1169-73.

Debbi E.M. Efficacy of methylsulfonylmethane supplementation on osteoarthritis of the knee: a randomized controlled study. *BMC Complement Altern Med*. 2011 Jun 27; 11:50.

De Bock K .. et al. Acute Rhodiola rosea intake can improve endurance exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2004 Jun; 14(3):298-307.

Delzenne N.M., et al. Oligofructose promotes satiety in healthy human: a pilot study. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2006; 60, 567-572.

Demling R.H., et al. Effect of a hypocaloric diet, increased protein intake and resistance training on lean mass gains and fat mass loss in overweight police officers. *Ann Nutr Metab*. 2000; 44(1):21-9.

DeRuisseau K.C., et al. Sweat iron and zinc losses during prolonged exercise. *Int J Sport Nutr*

Exerc Metab. 2002 Dec; 12(4):428-37.

Dillingham B.L., et al. Soy prote in isolates of varying isoflavone content exert min or effects on serum reproductive hormones in healthy young men. J Nutr. 2005 Mar; 135(3):584-91.

DiSilvestro R.A., et al. Soy prote in intake by active young a duit men raises plasma antioxidant capacity without altering plasma testosterone. Nutrition Research. 2006 Feb; 26(2):92-95.

Ditschuneit H.H., et al. Metabolic and weight-loss effects of a long-term dietary intervention in obese patients. Am J Clin Nutr. 1999 Feb; 69(2):198-204.

Dowling E.A., et al. Effect of Eleutherococcus senticosus on submaximal and maximal exercise performance. Med Sei Sports Exerc. 1996 Apr; 28(4):482-9.

Drummond M.J. Essential amino acids increase microRNA-499, -208b, and -23a and downregulate myostatin and myo cyte enhancer factor 2C mRNA expression in human skeletal muscle. J Nutr. 2009 Dec; 139(12):2279-84.

Dubrovskii V.I., et al. Use of the oxygen cocktail for stirr ulating recovery processes in athletes. Vopr Pitan. 1982 Jan-Feb; (1): 29-30.

Dunn C.L., et al. The comparative and cumulative effects of a dietary restriction and exercise on weight loss. Int J Obes (Land). 2006 Jan; 30(1):112-21.

Dulloo A.G., et al. Efficacy of a green tea extract rich in catechin polyphenols and caffeine in increasing 24-h energy expenditure and fat oxidation in humans. Am J Clin Nutr. 1999 Dec; 70(6):1040-5.

Earnest C.P. . et al. Effects of a commercial herbal-based formula on exercise performance in cyclists. Med Sei Sports Exerc. 2004a Mar; 36(3):504-9.

Earnest C.P., et al. Low vs. high glycemic index carbohydrate gel ingestion du ring simulated 64-km cycling time trial performance J Strength Cond Res. 2004b Aug; 18(3):466-72.

Edge J., et al. Effects of chronic NaHCO<sub>3</sub> ingestion dur ng interval training on changes to muscle buffer capacity, metabolism, and short-term endurance performance. J Appl Physiol. 2006 Sep; 101(3):918-25.

Elam R.P. Morphological changes in adult males from resistance exercise and ami no acid supplementation. J Sports Med Phys Fitness. 1988 Mar; 28(1):35-9.

Elam R.P., et al. Effects of arginine and ornithine on strength, lean body mass and urinary hydroxyproline in adult males. J Sports Med Phys Fitness. 1989 Mar; 29(1):52-6.

Elliot T.A., et al. Milk ingestion stimulates net muscle protein synthesis following resistance exercise. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2006 Apr; 38 (4): 667-674.

Engelhard! M.G., et al. Creatine supplementation in endurance sports. Med Sei Sports Exerc.

1998 Jul; 30(7):1123-1129.

Engels H.J., et al. Effects of ginseng supplementation on supramaximal exercise performance and short-term recovery. *J Strength Cond Res.* 2001 Aug; 15(3):290-5.

Falk B., et al. Effect of lycopene supplementation on lung function after exercise in young athletes who complain of exercise-induced bronchoconstriction symptoms. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2005 Apr; 94(4):480-5.

Fallowfield J.L., et al. The influence of ingesting a carbohydrate-electrolyte beverage during the 4 hours of recovery on subsequent endurance capacity. *Int J Sport Nutr.* 1995 Dec; 5(4):285-99.

Farnfield M.M., et al. Whey protein supplementation and resistance training to enhance muscle growth in young and older adults. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2005; 14(suppl): S69.

Fawcett J.P., et al. The effect of oral vanadyl sulfate on body composition and performance in weight-training athletes. *Int J Sport Nutr.* 1996 Dec; 6(4):382-90.

Febbraio M.A., et al. Effects of carbohydrate ingestion before and during exercise on glucose kinetics and performance. *J Appl Physiol.* 2000 Dec; 89(16):2220-6.

Fernstrom J.O. Dietary amino acids and brain function. *J Am Diet Assoc.* 1994 Jan; 94(1):71-7.

Finaud J., et al. Résultats d'une enquête alimentaire réalisée chez des joueurs de rugby français de haut niveau. *Cahiers de Nutrition et de Diététique.* 2003 Sept; 38 (4): 234-241.

Finn K.J. Glutamine supplementation did not benefit athletes during short-term weight reduction. *J Sports Sci Med.* 2003; 2: 163.

Galitzky J., et al. Role of vascular alpha-2 adrenoceptors in regulating lipid mobilization from human adipose tissue. *J Clin*

*Invest.* 1993 May; 91(5):1997-2003.

Galan P. et al. Dietary magnesium intake in a French adult population. *Magnes Res.* 1997 Dec; 10(4):321-8.

Ganzit G.P. Effects of oral branched-chain amino acids supplementation in bodybuilders. *Med sport.* 1997; 50: 293.

Gee P. Use of recreational drug 1,3-dimethylethylamine (DMAA) associated with cerebral hemorrhage. *Ann Emerg*

*Med.* 2012 May 8.

Gaudichon C., et al. Net postprandial utilization of [<sup>15</sup>N]labeled milk protein nitrogen is influenced by diet composition in humans. *J Nutr.* 1999 Apr; 129(4):890-5.

Gaullier J.M., et al. Clinical trial results support a preference for using CLA preparations

enriched with two isomers rather than four isomers in human studies. *Lipids*. 2002 Nov; 37(11):1019-25.

Gee P. Use of recreational drug 1,3-Dimethylethylamine (DMAA) associated with cerebral hemorrhage. *Ann Emerg Med*. 2012 May 8.

Gertsch J.H. et al. Randomised, double blind, placebo controlled comparison of ginkgo biloba and acetazolamide

Gorostiaga E.M., et al. Decrease in resting energy expenditure following L-carnitine supplementation. *Med*. 1989 Jun; 10(3):169-74

Gougeon R., et al. Increase in the thermic effect of food in women by adrenergic amines extracted from *Citrus aurantium*.

*Obes Res*. 2005 Jul; 13(7):1187-94.

Greenway F.L., et al. Topical fat reduction. *Obes Res*. 1995 Nov; 3 Suppl 4: 561S-568S.

Greenwood M. et al. Cramping and injury incidence in collegiate football players are reduced by creatine supplementation. *J Athl Train*. 2003 Sep; 38(3):216-219.

Greiwe J.S., et al. Effects of endurance exercise training on muscle glycogen accumulation in humans. *J Appl Physiol*. 1999 Jul; 87(1):222-6.

Gremion G. et al. Arginine aspartate and muscular activity. *Schweiz Z Sportmed*. 1987 Mar; 35(1):21-4.

Gremion G., et al. Arginine aspartate and muscular activity II. *Schweiz Z Sportmed*. 1989 Dec; 37(4):241-6.

Groussard C., et al. Évaluation de l'apport en vitamines antioxydantes chez des sportifs. *Sci Sports*. 2004; 19 (4): 193-195.

Gruber R., et al. The influence of oxygenated water on the immune status, liver enzymes, and the generation of oxygen

Guezennec C.V. et al. Is there a relationship between physical activity and dietary calcium intake? A survey in 10,373 young French subjects. *Med Sci Sports Exerc*. 1998 May; 30(5):732-9.

Guillemant J., et al. Acute effects of an oral calcium load on markers of bone metabolism during endurance cycling exercise in male athletes. *Calcif Tissue Int*. 2004 May; 74(5):407-14.

Guinot C., et al. Vitamin D concentrations in blood and skin phototype in a general adult population in France. *Ann Dermatol Venereol*. 2000 Dec; 127(12):1073-6.

Haff G.G., et al. Carbohydrate supplementation attenuates muscle glycogen loss during acute bouts of resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2000 Sep; 10(3):326-39.

Hagobian T.A., et al. Cytokine responses at high altitude: effects of exercise and antioxidants

at 4 300 m. *Med Sei Sports Exerc.* 2006 Feb; 38(2):276-85.

Halson S.L., et al. Effects of carbohydrate supplementation on performance and carbohydrate oxidation after intensified cycling training. *J Appl Physiol.* 2004 Oct; 97(4):1245-53.

Hamilton B. Vitamin D and athletic performance: the potential role of muscle. *Asian J Sports Med.* 2011 Dec; 2(4):211-9. Hannum S.M., et al. Use of packaged entrees as part of a weight-loss diet in overweight men: an 8-week randomized clinical trial. *Diabetes, Obesity and Metabolism.* 2006 March; 8(2):146.

Hargreaves M .. et al. Effect of fluid ingestion on muscle metabolism during prolonged exercise. *J Appl Physiol.* 1996 Jan; 80(1):363-6.

Harris A.M .. et al. Weekly changes in basal metabolic rate with eight weeks of overfeeding. *Obesity.* 2006; 14: 690-695.

Harris R., et al. Muscle carnosine elevation with supplementation and training, and the effects of elevation on exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* 2005; 2 {1}: 39.

Haskell C.F., et al. A double-blind, placebo-controlled, multidose evaluation of the acute behavioural effects of guarana in humans. *J Psychopharmacol.* 2006.

Haub M.D .. et al. Acute L-glutamine ingestion does not improve maximal effort exercise. *J Sports Med Phys Fitness.* 1998 Sep; 38(3):240-4.

Haugen M .. et al. Can linoleic acids in conjugated CLA products reduce overweight problems? *Tidsskr Nor Laegeforen.* 2004 Oct 2; 124(23):3051-4.

Hausinger D., et al. Cellular hydration state: an important determinant of protein catabolism in health and disease. *Lancet.* 1993 May 22; 341(8856):1330-2.

Hauswirth C., et al. Influence d'une supplémentation en vitamines sur le rendement de la locomotion après une épreuve d'ultra-trail. *Science & Sports.* 2006 Feb; 21(1):8-12.

Hayamizu K .. et al. Effects of *Garcinia cambogia* (hydroxycitric acid) on visceral fat accumulation: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Current Therapeutic Research.* 2003; 64 (8) p. 551-567.

Heini A.F .. et al. Effect of hydrolyzed guar fiber on lasting and postprandial satiety and satiety hormones: a double-blind, placebo-controlled trial during controlled weight loss. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1998 Sep; 22(9):906-9.

Heliövaara M .. et al. Serum antioxidants and risk of rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis.* 1994 Jan; 53{1}:51-3.

Henning B.F .. et al. Vitamin supplementation during weight reduction - favourable effect on homocysteine metabolism. *Res Exp Med (Berl).* 1998 Jul; 198(1):37-42.

Hermanussen M., et al. Obesity, voracity, and short stature: the impact of glutamate on the

regulation of appetite. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2006; 60, 25-31.

Hesslink R., et al. Cetylated fatty acids improve knee function in patients with osteoarthritis. *J Rheumatol*. 2002 Aug; 29(8):1708-12.

Heymsfield S.B. et al. Garcinia cambogia (hydroxycitric acid) as a potential antiobesity agent: a randomized controlled trial. *JAMA*. 1998 Nov 11; 280(18):1596-600.

Hickner R.C. et al. L-citrulline reduces time to exhaustion and insulin response to a graded exercise test. *Med Sci Sports Exerc*. 2006 Apr; 38(4):660-6.

Hirvonen J., et al. Fatigue and changes of ATP, creatine phosphate, and lactate during the 400-m sprint. *Can J Sport Sci*. 1992 Jun; 17(2):141-4

Hiscock N., et al. A comparison of plasma glutamine concentration in athletes from different sports. *Med Sci Sports Exerc*. 1998 Dec; 30(12):1693-6.

Hoffer L.J., et al. Sulfate could mediate the therapeutic effect of glucosamine sulfate. *Metabolism*. 2001 Jul; 50(7):767-70.

Hoffman J.R., et al. Effects of beta-hydroxy beta-methylbutyrate on power performance and indices of muscle damage and stress during high-intensity training. *J Strength Cond Res*. 2004 Nov; 18(4):747-52.

Hong C.Z., et al. Effects of a topically applied counterirritant (Eucalyptamint) on cutaneous blood flow and on skin and muscle temperatures: a placebo-controlled study. *Am J Phys Med Rehabil*. 1991 Feb; 70(1):29-33.

Horvath P.J., et al. The effects of varying dietary fat on performance and metabolism in trained male and female runners. *J Am Coll Nutr*. 2000 Feb; 19(1):52-60.

Howatson G. Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2012; 9:20.

Hsu C.C. et al. Amlodipine and ginseng supplementation attenuates creatine kinase level induced by submaximal exercise in human beings. *World J Gastroenterol*. 2005 Sep 14; 11(34):5327-31.

Huang S.H., et al. The use of dietary supplements and medications by Canadian athletes at the Atlanta and Sydney Olympic Games. *Clin J Sport Med*. 2006 Jan; 16(1):27-33.

Hulmi J.J., et al. Protein ingestion prior to strength exercise affects blood hormones and metabolism. *Med Sci Sports Exerc*. 2005 Nov; 37(11):1990-7.

Hulmi J.J. Acute and long-term effects of resistance exercise with or without protein ingestion on muscle hypertrophy and gene expression. *Amino Acids*. 2009 Jul; 37(2):297-308.

Hurson M., et al. Metabolic effects of arginine in a healthy elderly population. *JPEN J*

Parenter Enterai Nutr. 1995 MayJun; 19(3):227-30.

Imai H .. et al. Effect of propolis supplementation on the redox state of human serum albumin during high-intensity training. *Adv. Exerc. Sports Physiol.* 2005; 11 (3): 109-113.

Ingwall J.S., et al. Specificity of creatine in the contrai of muscle protein synthesis. *J Cell Biol.* 1974 Jul; 62(1):145-51.

Isidori A., et al. A study of growth hormone release in man after oral administration of ami no acids. *Curr Med Res Opin.* 1981; 7: 475.

Ivy J.L., et al. Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time on carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol.* 1988a Apr; 64(4):1480-5.

Ivy J.L., et al. Muscle g lycog en storage after different a mounts on carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol.* 1988b Nov; 65(5):2018-23.

Ivy J.L.. et al. Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *J Appl Physiol.* 2002 Oct; 93(4):1337-44.

Ivy J.L., et al. Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance du ring exercise of varying intensity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2003 Sep; 13(3):382-95.

Jacobsen R., et al. Effect of short-term high dietary calcium intake on 24-h energy expenditure, fat oxidation, and fecal fat excretion. *Int J Obes (Land).* 2005 Mar; 29(3):292-301.

Jaedig S .. et al. Increased postprandial energy expenditure in obese women alter peroral K- and Mg-phosphate. *Miner Electrolyte Metab.* 1994; 20(3):147-52.

James W.P., et al. Studies of ami no acid and protein metabolism in normal man with L-[U-14C]tyrosine. *Clin Sei Mol Med.* 1976 Jun; 50(6):525-32.

Jenkins T., et al. Effect of oxygenized water on percent oxygen saturation and performance during exercise. *Med Sei Sports Exerc.* 2001 May; 33(5 suppl): S167.

Jensen L.B., et al. Bone mineraais changes in obese women during a moderate weight loss with and without calcium supplementation. *J Bane Miner Res.* 2001 Jan; 16(1):141-7.

Jessen A., Toubro S., Astrup A. Effect of chewing-gum containing nicotine and caffeine on energy expenditure and substrate utilization in men. *Am J Clin Nutr.* 2003 Jun; 77(6):1442-7.

Jessen A., et al. The appetite-suppressant effect of nicotine is enhanced by caffeine. *Diabetes Obes Metab.* 2005 Jul; 7(4):327-33.

Johnson H.L.. et al. Effects of electrolyte and nutrient solutions on performance and metabolic balance. *Med Sei Sports Exerc.* 1988 Feb; 20(1):26-33.

Johnston C.S. Strategies for healthy weight loss: from vitam in C to the glycemic response. *J*



Am Coll Nutr. 2005 Jun; 24(3):158-65.

Jones P.J., et al. Polyunsaturated: saturated ratio of diet fat influences energy substrate utilization in the human. *Metabolism*. 1988 Feb; 37(2):145-51.

Jozkow P .. et al. Gastroesophageal reflux disease and physical activity. *Sports Med*. 2006; 36(5):385-91.

Jugdaohsingh R., et al. Dietary silicon intake and absorption. *Am J Clin Nutr*. 2002 May; 75(5):887-93.

Juhel C., et al. Green tea extract (AR25) inhibits lipolysis of triglycerides in gastric and duodenal medium in vitro. *J Nutr Biochem*. 2000 Jan; 11(1):45-51.

Juneja L.R., et al. L-theanine: a unique amino acid of green tea and its relaxation effect in humans. *Trends Food Sci Tech*. 1999; 10: 199-204.

Jung A.P .. et al. Influence of hydration and electrolyte supplementation on incidence and time to onset of exercise-associated muscle cramps. *J Athl Train*. 2005 Jun; 40(2):71-75.

Jung U.J., et al. Naringin supplementation lowers plasma lipids and enhances erythrocyte antioxidant enzyme activities in hypercholesterolemic subjects. *Clin Nutr*. 2003 Dec; 22(6):561-8.

Kalmar J.M., et al. Effects of caffeine on neuromuscular function. *J Appl Physiol*. 1999 Aug; 87(2):801-8.

Karlsson H.K.R., et al. Branched-Chain Amino Acids increase p70s6k phosphorylation in human skeletal muscle after resistance training. *J Appl Physiol*. 2004 287: E1-E7.

Keast D., et al. Depression of plasma glutamine concentration after exercise stress and its possible influence on the immune system. *Med J Aust*. 1995 Jan 2; 162(1):15-8.

Keithley J., et al. Glucosamin and obesity: a critical review. *Altern Ther Health Med*. 2005 Nov-Dec; 11(6):30-4.

Kelsey B.K., et al. Adiposity alters muscle strength and size responses to resistance training in healthy men and women. *Med Sci Sports Exerc*. 2004 May; 36(5 Suppl): S352.

Kerksick C.M., et al. The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptations during ten weeks of resistance training. *J Strength Cond Res*. 2006;20(3):643-653.

Kerstetter J.E., et al. Dietary protein, calcium metabolism, and skeletal homeostasis revisited. *Am J Clin Nutr*. 2003 Sep; 78 (3 Suppl): 584S-592S.

Kessler M.A., et al. Volume changes in the menisci and articular cartilage of runners: an in vivo investigation based on 3-D magnetic resonance imaging. *Am J Sports Med*. 2006 May; 34(5):832-6.

Kharitonov S.A., et al. L-arginine increases exhaled nitric oxide in normal human subjects.

Clin Sei (Land). 1995 Feb; 88(2):135-9.

Kim L.S., et al. Efficacy of methylsulfonylmethane (MSM) in osteoarthritis pain of the knee: a pilot clinical trial. *Osteoarthritis Cartilage*. 2006.

Kim S.H., et al. Effects of Panax ginseng extract on exercise-induced oxidative stress. *J Sports Med Phys Fitness*. 2005 Jun; 45(2):178-82.

Kingsbury K.J., et al. Contrasting plasma free amino acid patterns in elite athletes: association with fatigue and infection. *Br J Sports Med*. 1998 Mar; 32(1):25-32.

Kingsley M.I., et al. Effects of phosphatidylserine on oxidative stress following intermittent running. *Med Sei Sports Exerc*. 2005 Aug; 37(8):1300-6.

Kinscherf R., et al. Low plasma glutamine in combination with high glutamate levels indicate risk for loss of body cell mass in healthy individuals: the effect of N-acetyl-cysteine. *J Mol Med*. 1996 Jul; 74(7):393-400.

Kirwan J.P., et al. A moderate glycemic meal before endurance exercise can enhance performance. *J Appl Physiol*. 1998 Jan; 84(1):53-9.

Klesges R.C., et al. Changes in bone mineral content in male athletes: mechanisms of action and intervention effects. *JAMA*. 1996 Jul 17; 276(3):226-30.

Kobayashi H., et al. Reduced amino acid availability inhibits muscle protein synthesis and decreases activity of initiation factor eIF2B. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2003 Mar; 284(3):E488-98.

Kiuhne R., et al. Resistance exercise and protein intake down regulate myostatin mRNA in human skeletal muscle. *Faseb J*. 2006 20 (4): A390.

Kiinig D., et al. Essential fatty acids, immune function, and exercise. *Exerc Immunol Rev*. 1997; 3:1-31.

Koopman R., et al. Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2005 Apr; 288(4):E645-53.

Kovacs E.M., et al. Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. *J Appl Physiol*. 1998 Aug; 85(2):709-15.

Kovacs E.M., et al. Urine color, osmolality and specific electrical conductance are not accurate measures of hydration status during postexercise rehydration. *J Sports Med Phys Fitness*. 1999 Mar; 39(1):47-53.

Kovacs E.M., et al. The effect of addition of modified guar gum to a low-energy semisolid meal on appetite and body weight loss, *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2001 Mar; 25(3):307-15.

Kraemer W.J., et al. Hormonal responses to consecutive days of heavy-resistance exercise

- with or without nutritional supplementation. *J Appl Physiol.* 1998 Oct; 85(4):1544-55.
- Kraemer W.J., et al. Effect of a cetylated fatty acids topical cream on functional mobility and quality of life of patients with osteoarthritis. *J Rheu matai.* 2004 31: 767-74.
- Kraemer W.J., et al. The effects of amino acid supplementation on hormonal responses to resistance training overreaching. *Metabolism.* 2006a March; 55(3):282-291
- Kraemer W.J., et al. Androgenic responses to resistance exercise: effects of feeding and L-carnitine. *Med Sei Sports Exerc.* 2006b Jul; 38(7):1288-96.
- Kreider R.B., et al. Effects of ingesting supplements designed to promote lean tissue accretion on body composition during resistance training. *Int J Sport Nutr.* 1996 Sep; 6(3):234-46.
- Kriketos A.D., et al. (-)-Hydroxycitric acid does not affect energy expenditure and substrate oxidation in adult males in a post-absorptive state. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1999 Aug; 23(8):867-73.
- Kucio C., et al. Does yohimbine act as a slimming drug? *Isr J Med Sei.* 1991 Oct; 27(10):550-6.
- Kuhn K.S., et al. Determination of glutamine in muscle protein facilitates accurate assessment of proteolysis and de novo synthesis-derived endogenous glutamine production. *Am J Clin Nutr.* 1999 Oct; 70(4):484-9.
- Kuipers H., et al. Effects of oral bovine colostrum supplementation on serum insulin-like growth factor-1 levels. *Nutrition.* 2002 Jul-Aug; 18(7-8):566-7.
- Lacroix J. Utilisation du chlorure d'arginine sur un groupe de vingt sportifs. *Revue de Médecine.* 1981 Juin; 24: 1481.
- Lairon D., et al. Dietary fibre intake and clinical indices in the French SUPplementation en Vitamines et Minéraux Antioxydants (SU.VI.MAX) adult cohort. *Proc Nutr Soc.* 2003 Feb; 62(1):11-5.
- Lands L.C., et al. Effect of supplementation with a cysteine donor on muscular performance. *J Appl Physiol.* 1999 Oct; 87(4):1381-5.
- Lanou A.J. Data do not support recommending dairy products for weight loss. *Obes Res.* 2005 Jan; 13(1):191.
- Lansley K.E., et al. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. *Med Sei Sports Exerc.* 2011 Jun; 43(6):1125-31.
- Larsen T.M., et al. Conjugated linoleic acid supplementation for 1 y does not prevent weight or body fat regain. *Am J Clin Nutr.* 2006 Mar; 83(3):606-12.
- Larson-Meyer D.E. Vitamin D and athletes. *Curr Sports Med Rep.* 2010 Jul-Aug; 9(4):220-6.
- Laursen P.B., et al. Core temperature and hydration status during an Ironman triathlon.

British Journal of Sports Medicine 2006; 40: 320-325.

Layer P., et al. Effect of a purified amylase inhibitor on carbohydrate tolerance in normal subjects and patients with diabetes mellitus. *Maya Clin Proc.* 1986 Jun; 61(6):442-7.

Leffler C.T., et al. Glucosamine, chondroitin, and manganese ascorbate for degenerative joint disease of the knee or low back: a randomized, double-blind, placebo-controlled pilot study. *Mil Med.* 1999 Feb; 164(2):85-91.

Léglise M. Utilisation de l'aspartate d'arginine chez 50 sportifs (espoirs nationaux). *Cinésiologie.* 1970. 38: 337.

Leibetseder V., et al. Does oxygenated water support aerobic performance and lactate kinetics? *IntJ Sports Med.* 2006 Mar; 27(3):232-5

Lelovics Z. Relation between calcium and magnesium intake and obesity. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2004; 13(Suppl): S144.

Lemon P.W., et al. Mode rate physical activity can increase dietary protein needs. *Can J Appl Physiol.* 1997 Oct; 22(5):494-503.

Lemon P.W. Effects of exercise on dietary prote in requirements. *Int J Sport Nutr.* 1998 Dec; 8(4):426-47.

Levenhagen D.K., et al. Postexercise nutrient intake timing in humans is critical ta recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2001 Jun; 280(6):E982-93.

Levenhagen O.K .. et al. Postexercise protein intake enhances whole-body and leg protein accretion in humans. *Med Sei Sports Exerc.* 2002 May; 34(5):828-37.

Liang M.T., et al. Panax notoginseng supplermentation enhances physical perlotrnance during endurance exercise. *J Strength Cond Res.* 2005 Feb; 19(1):108-14.

Liappis N .. et al. Quantitative study ol free amino acids in nurnan eccriM sweat excreted from the forearrns of healthy trained and untrained men during exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1979; 42(4):227-34.

Machefer G., et al. Apports et statut en vitamines antioxydantes chez des athlètes d'endurance. *Science & Sports.* 2006.

Maclean O.B., et al. Increased ATP content/production in the hypothalamus rmay be a signal !or energy-sensing of satiety: studies of the anorectic mechanism of a plant steroidal glyco-side. *Brain Res* 2004 Sep 10; 1020(1-2):1-11.

Maggini S., et al. L-carnitine supplementation results in improved recovery alter strenuous exercise. *Ann Nutr Metab.* 2000; 44: 86-88.

Malm C. Susceptibility ta infections in elite athletes: the S-curve. *Scand J Med Sei Sports.*

2006 Feb; 16(1):4-6.

Manetta J., et al. Carbohydrate dependence during hard intensity exercise in trained cyclists in the competitive season: importance of training status. *Int J Sports Med.* 2002 Oct; 23(7):516-23.

Mannion A.F., et al. Carnosine and anserine concentrations in the quadriceps femoris muscle of healthy humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1992; 64(1):47-50.

Marks L.S. et al. Tissue effects of saw palmetto and finasteride: use of biopsy cores for in situ quantification of prostatic androgens. *Urology.* 2001 May; 57(5):999-1005.

Martinet A., et al. Thermogenic effects of commercially available plant preparations aimed at treating human obesity. *Phytomedicine.* 1999 Oct; 6(4):231-8.

Mathieu P. Radiological progression of internal femoro-tibial osteoarthritis in gonarthrosis: chondro-protective effect of chondroitin sulfates ACS4-ACS6. *Presse Med.* 2002 Sep 14; 31(29):1386-90. p'

Matsubara F. Implication of the amino acid metabolism regarding changes in the mood profile following ultra-endurance exercise. *Japanese Society of Physical Fitness and Sports Medicine.* 1999; 48 (1): 201

Maughan R.J., et al. Effects of pollen extract upon adolescent swimmers. *Br J Sports Med.* 1982 Sep; 16(3):142-5.

McCarthy M.F. Pre-exercise administration of yohimbine enhances the effectiveness of exercise training as a fat loss strategy by boosting lipolysis. *Med Hypotheses.* 2002 Jun; 58(6):491-5

McConnell G. et al. Effect of timing of carbohydrate ingestion on endurance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1996 Oct; 28(10):1300-4.

McConee G.K. et al. Influence of ingested fluid volume on physiological responses during prolonged exercise. *Acta Physiol Scand.* 1997 Jun; 160(2):149-56.

McNaughton L. et al. Sodium citrate ingestion and its effects on maximal anaerobic exercise of different durations. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1992; 64(1):36-41.

Medelli J., et al. Variation in plasma amino acid concentrations during a cycling competition. *J Sports Med Phys Fitness.* 2003 Jun; 43(2):236-42.

Mehlsen J., et al. Effects of a Ginkgo biloba extract on forearm haemodynamics in healthy volunteers. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2002 Nov; 22(6):375-8.

Melanson E.L., et al. Effect of low- and high-calcium dairy based diets on macronutrient oxidation in humans. *Obes Res.* 2005 Dec; 13(12):2102-12

Mercke Odeberg J., et al. Oral bioavailability of the antioxidant astaxanthin in humans is enhanced by incorporation of lipid based formulations. *Eur J Pharm Sci.* 2003 Jul; 19(4):299-304.

Mero A. et al. Effects of bovine colostrum on serum IGF-1, IgG, hormone, and saliva IgA during training. *J Appl Physiol.* 1997 · 83: 1144-1151. '

Mero A., et al. Leucine supplementation and serum amino acids, testosterone, cortisol and growth hormone in male power athletes during training. *J Sports Med Phys Fitness.* 1997; b Jun; 37(2):137-45.

Mero A., et al. IGF-1, IgA, and IgG responses to bovine colostrum supplementation during training. *J Appl Physiol.* 2002 Aug; 93(2):732-9.

Metin G., et al. Effect of regular training on plasma thiols, malondialdehyde and carnitine concentrations in young soccer players. *Chin J Physiol.* 2003 Mar 31; 46(1):35-9.

Miller P.C., et al. The effects of protease supplementation on skeletal muscle function and DOMS following downhill running. *J Sports Sci.* 2004 Apr; 22(4):365-72.

Miller S.L., et al. Independent and combined effects of amino acids and glucose alter resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2003 Mar; 35(3):449-55.

Mittendorfer B., et al. Whole body and skeletal muscle glutamine metabolism in healthy subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2001 Feb; 280(2):E323-33.

Moore T.A., et al. Growth hormone response to oral arginine supplementation. *Faseb J.* 1998. 12 (4 part 1): A541.

Morens C., et al. Increasing habitual protein intake accentuates differences in postprandial dietary nitrogen utilization between protein sources in humans. *J Nutr.* 2003 Sep; 133(9):2733-40.

Morton D.P., et al. Factors influencing exercise-related transient abdominal pain. *Med Sci Sports Exerc.* 2002 May; 34(5):745-9.

Morton D.P. Exercise-related transient abdominal pain. *Br J Sports Med.* 2003 Aug; 37(4):287-8.

Morton D.P., et al. Effect of ingested fluid composition on exercise-related transient abdominal pain. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004 Apr; 14(2):197-208.

Moskowitz R.W. Role of collagen hydrolysate in bone and joint disease. *Semin Arthritis Rheum.* 2000 Oct; 30(2):87-99.

Mullins N.M., et al. Effects of resistance training and protein supplementation on bone turnover in young adult women. *Nutr Metab (Land).* 2005 Aug 17; 2:19.

Mundel T. et al. Effect of transdermal nicotine administration on exercise endurance in men. *Exp Physiol.* 2006a Jul; 91(4):705-13.

Mundel T., et al. Drink temperature influences fluid intake and endurance capacity during

exercise in a hot, dry environment. *Exp Physiol*. 2006 b; 91 (5): 925-933.

Nadelson C. Sport and exercise-induced migraines. *Current Sports Medicine Reports*. 2006; 5:29-33.

Nagasawa T .• et al. Effects of creatine loading on rowing performance in male competitive rowers. *Jpn J Phys Fit Sport Med*. 2001; 50 (1): 89-96.

Nakao C., et al. Effect of acetate on glycogen replenishment in liver and skeletal muscles alter exhaustive swimming in rats. *Scand J Med Sei Sports*. 2001 Feb; 11(1):33-7.

Nakhostin-Roohi B. Effect of chronic supplementation with methylsulfonylmethane on oxidative stress following acute exercise in untrained healthy men. *J Pharm Pharmacol*. 2011 Oct; 63(10):1290-4.

Nasolodin V.V., et al. Zinc and silicon metabolism in highly trained athletes during heavy exercise. *Vopr Pitan*. 1987 JulAug; (4): 37-9.

Narin S.O .• et al. The effects of exercise and exercise-related changes in blood nitric oxide level on migraine headache. *Clin Rehabil*. 2003 Sep; 17(6):624-30.

Naylor G.J., et al. A double blind placebo controlled trial of ascorbic acid in obesity. *Nutr Health*. 1985;4(1):25-8.

Nazar K., et al. Phosphate supplementation prevents a decrease of triiodothyronine and increases resting metabolic rate during low energy diet. *J Physiol Pharmacol*. 1996 Jun; 47(2):373-83.

Nelson A.G .• et al. Creatine supplementation alters the response to a graded cycle ergometer test. *Eur J Appl Physiol* 2000 Sep; 83(1 ):89-94.

Neuman I .• et al. Reduction of exercise-induced asthma oxidative stress by lycopene, a natural antioxidant. *Allergy*. 2000 Dec; 55(12):1184-9.

Neychev V.K .• et al. The aphrodisiac herb *Tribulus terrestris* does not influence the androgen production in young men. *J Ethnopharmacol*. 2005 Oct 3; 101(1-3):319-23.

Nieman D.C. Bananas as an energy source during exercise: a metabolomics approach. *PLoS ONE*. 2012; 7(5): e37479.

Nissen S .• et al. Effect of leucine metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training. *J Appl Physiol*. 1996 Nov; 81(5):2095-104.

Noreen E.E. Effects of supplemental fish oil on resting metabolic rate, body composition, and salivary cortisol in healthy adults. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2010; 7:31.

Ohtani M., et al. Changes in hematological parameters of athletes after receiving daily dose of a mixture of 12 amino acids for one month during the middle- and long-distance running training. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2001 Feb; 65(2):348-55.

Ohtani M. • et al. Amin a acid supplementation affects hematological and biochemical parameters in elite rugby players. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2001 Sep; 65(9):1970-6.

Oktedalen O., et al. Changes in the gastrointestinal mu casa alter long-distance running. *Scand J Gastroentercd.* 1992 Apr; 27(4):270-4.

Oliveira P.V., et al. Correlation among muscle mass, strength and cross section al muscle are a according ta carbohydrate and prote in supplementation. *Med Sei Sports Exerc.* 2005 May; 37(5 Supplement): p S38.

Ollier F., et al. Apports alimentaires et dépenses énergétiques d'adolescents footballeurs de haut niveau: comparaison de deux méthodes d'évaluation des apports. *Cahiers de Nutrition et de Diététique.* 2006 Fév; 41(1): 23-31.

Olsen S., et al. Creatine supplementation augments the increase in satellite cell and myonuclei number in human skeletal muscle induced by strength training. *J Physiol.* 2006 Jun 1; 573(Pt 2): 525-534.

Ostman E., et al. Vinegar supplementation lowers glucose and insu lin responses and increases satiety alter a bread meal in healthy subjects. *Eur J Clin Nutr.* 2005 Sep; 59(9):983-8.

Ostojic S.M. Glucosamine administration in athletes: effects on recovery of acute knee injury. *Res Sports Med.* 2007 AprJun; 15(2):113-24.

Paddon-Jones D. • et al. Short-term beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation does not reduce symptoms of eccentric muscle damage. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001 Dec; 11 (4):442-50.

Paddon-Jones D. .. et al. Ami no acid ingestion improves muscle protein synthesis in the young and elderly. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2004 Mar; 286(3):E321-8.

Paddon-Jones D., et al. Exogenous amino acids stimulate human muscle anabolism without interfering with the response to mixed meal ingestion. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2005 Apr; 288(4):E761-7.

Parcell A.C., et al. Cordyceps Sinensis (CordyMax Cs-4) supplementation does not improve endurance exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004 Apr; 14(2):236-42.

Parnell H. .. et al. Combined effects of L-theanine and caffeine on cognition and mood. *Appetite.* 2006 Sept; 47(2):273.

Paton C.D. Caffeinated chewing gum increases repeated sprint performance and augments increases in testosterone in competitive cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 2010 Dec; 110(6):1243-50.

Pavelka K. Glucosamine sulfate use and delay of progression of knee-osteoarthritis. *Arch Intern Med.* 2002; 162: 2113-2123.

Peacock O.J. Voluntary drinking behaviour, fluid balance and psychological affectwhen



ingesting water or a carbohydrate-electrolyte solution during exercise. *Appetite*. 2012 Feb; 58(1):56-63.

Pearson D. The effects of gelatin supplementation on anterior knee pain in collegiate-level athletes. *J Strength Cond res*. 2000; 14 (3): 368.

Pennings B. Amino acid absorption and subsequent muscle protein accretion following graded intakes of whey protein in elderly men. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2012 Apr; 302(8):E992-9.

Phillips S.M., et al. Dietary protein to support anabolism with resistance exercise in young men. *J Am Coll Nutr*. 2005 Apr; 24(2):134S-139S.

Phinney S.L., et al. Reduced adipose 18:3 omega 3 with weight loss by very low calorie dieting. *lipids*. 1990 Dec; 25(12):798-806.

Piattoly T., et al. L-glutamine supplementation: effects on recovery from exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004 May Supplement; 36(5): S127.

Piehl Aulin K .. et al. Muscle glycogen resynthesis rate in humans after supplementation of drinks containing carbohydrates with low and high molecular masses. *Eur J Appl Physiol*. 2000 Mar; 81(4):346-51.

Pinkoski C., et al. The effects of conjugated linoleic acid supplementation during resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2006 Feb; 38 (2): 339-348.

Pitkanen H., et al. Serum amino acid responses to three different exercise sessions in male power athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 2002a Dec; 42(4):472-80.

Pitkanen H .. et al. Effects of training on the exercise-induced changes in serum amino acids and hormones. *J Strength Cond Res*. 2002b Aug; 16(3):390-8.

Pittler M.H., et al. Guar gum for body weight reduction: meta-analysis of randomized trials. *Am J Med*. 2001 Jun 15; 110(9):724-30.

Plunkett B.T .. et al. Investigation of the side pain «stitch» induced by running after fluid ingestion. *Med Sei Sports Exerc*. 1999 Aug; 31(8):1169-75.

Poole C. The effects of a commercially available botanical supplement on strength, body composition, power output, and hormonal profiles in resistance-trained males. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2010; 7:34.

Poolsup N., et al. Glucosamine long-term treatment and the progression of knee osteoarthritis: systematic review of randomized controlled trials. *Ann Pharmacother*. 2005 Jun; 39(6):1080-7.

Quintana R .. et al. The effects of *Gingko biloba* on acute mountain sickness and exercise performance with moderate hypoxia. *Med Sei Sports Exerc*. 2005 May (suppl); 37 (5): S297.

Rajpathak S.N .. et al. Calcium and dairy intakes in relation to long-term weight gain in US

men. *Am J Clin Nutr.* 2006 Mar; 83(3):559-66.

Rakes M., et al. Effects of 28 days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on oxygen uptake, ventilatory and lactate thresholds, and time to exhaustion. *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* 2005; 2 (1): 7.

Ramazanov Z., et al. Sulfated polysaccharides of brown seaweed *Cystoseira canariensis* bind to serum myostatin protein. *Acta Phvsiol Pharmacol Bulg.* 2003; 27(2-3):101-6.

Ransone J .. et al. The effect of beta-hydroxy beta-methylbutyrate on muscular strength and body composition in collegiate football players. *J Strength Cond Res.* 2003 Feb; 17(1):34-9.

Rawson E.S., et al. Differential response of muscle phosphocreatine to creatine supplementation in young and old subjects. *Acta Phvsiol Scand.* 2002 Jan; 174(1):57-65.

Reay J.L.. et al. Single doses of *Panax ginseng* (G115) reduce blood glucose levels and improve cognitive performance during sustained mental activity. *J Psychopharmacol.* 2005 Jul; 19(4):357-65.

Reginster J.V .. et al. Long-term effects of glucosamine sulfate on osteoarthritis progression: a randomised, placebo controlled clinical trial. *Lancet.* 2001 Jan 27; 357: 251-56.

Rehrer N.J. Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sports Med.* 2001; 31(10):701-15

Res P.T. Protein ingestion before sleep improves postexercise overnight recovery. *Med Sei Sports Exerc.* 2012 Aug;44(18):1560-9.

Robin J.M. Acides gras polyinsaturés (AG PI). activité physique et lipidémie. *Méd Sport.* 2002 38 (Mars-Avril): 24-28.

Robinson V., et al. Intravascular hemolysis and mean red blood cell age in athletes. *Med Sei Sports Exerc.* 2006 Mar; 38(3):480-3.

Robson P.J., et al. Antioxidant supplementation enhances neutrophil oxidative burst in trained runners following prolonged exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2003 Sep; 13(3):369-81.

Rodriguez-Stanley S., et al. Effect of esophageal acid and prophylactic rabeprazole on performance in runners. *Med Sei Sports Exerc.* 2006 Sep; 38(19):1659-65.

Rogers P.J .. et al. Further analysis of the short-term inhibition of food intake in humans by the dipeptide L-aspartyl-L-phenylalanine methyl ester (aspartame). *Physiol Behav.* 1991 Apr; 49(4):739-43.

Rohde T., et al. Competitive sustained exercise in humans, lymphokine activated killer cell activity, and glutamine - an intervention study. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1998 Oct; 78(5):448-53.

Rolls B.J. Effects of intense sweeteners on hunger, food intake, and body weight: a review.

Am J Clin Nutr. 1991 Apr; 53(4):872-8.

Rossi A.L., et al. Soy beverage consumption by young men: increased plasma total antioxidant status and decreased acute, exercise-induced muscle damage. *J Nutraceuticals Funct Med Foods*. 2000; 3:33-44.

Roti M.W. • et al. Thermoregulatory responses to exercise in the heat: chronic caffeine intake has no effect. *Aviat Spa ce Environ Med*. 2006 Feb; 77(2):124-9.

Rozenek R., et al. Effects of high-calorie supplements on body composition and muscular strength following resistance training. *J Sports Med Phys Fitness*. 2002 Sep; 42(3):340-7.

Rudzki S.J., et al. Gastrointestinal blood loss in triathletes: its etiology and relationship to sports anaemia. *Aust J Sei Med Sport*. 1995 Mar; 27(1):3-8.

Saitta G. • et al. L'uridin-trifosfato (UTP) in associazione vitaminica nella prevenzione della fatica. *Med Sport*. 1965; 5: 480.

Sallinen J., et al. Relationship between diet and serum anabolic hormone responses to heavy-resistance exercise in men. *Int J Sports Med*. 2004 Nov; 25(8):627-33.

Saunders M.J., et al. Effects of a carbohydrate-protein beverage on cycling endurance and muscle damage. *Med Sei Sports Exerc*. 2004 Jul; 36(7) 1233-8.

Schabort E.J., et al. The effect of a preexercise meal on time to fatigue during prolonged cycling exercise. *Med Sei Sports Exerc*. 1999 Mar; 31(3):464-71.

Schaefer A., et al. L-arginine reduces exercise-induced increase in plasma lactate and ammonia. *Int J Sports Med*. 2002 Aug; 23(6):403-7.

Schaffhauser A.O., et al. L-carnitine supplementation - a natural approach for weight management. *Ann Nutr Metab*. 2000 44: 94.

Scharhag J., et al. Effects of graded carbohydrate supplementation on the immune response in cycling. *Med Sei Sports Exerc*. 2006 Feb; 38(2):286-292.

Schena F., et al. Branched-chain amino acid supplementation during trekking at high altitude: the effects on loss of body mass, body composition, and muscle power. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1992; 65(5):394-8.

Schneiker K.T. • et al. Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team-sport athletes. *Med Sei Sports Exerc*. 2006 Mar; 38(3):578-85.

Schoenberg M.H. • et al. The generation of oxygen radicals after drinking of oxygenated water. *Eur J Med Res*. 2002 Mar 28; 7(13):109-16.

Seifert J.G., et al. Muscle damage, fluid ingestion, and energy supplementation during recreational alpine skiing. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2005 Oct; 15(5):528-36.

Senturk U.K. • et al. Effect of antioxidant vitamin treatment on the time course of hematological and hemorheological alterations after an exhausting exercise episode in human subjects. *J Appl Physiol*. 2005 Apr; 98(4):1272-9.

Shafat A., et al. Effects of dietary supplementation with vitamins C and E on muscle function during and after eccentric contractions in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2004 Oct; 93(1-2):196-202.

Shapses S.A., et al. Bariatric surgery, body weight, and weight reduction: what are the concerns? *J. Nutr*. 2006 Jun; 136: 1453-1456.

Sharan D. The effect of cetylated fatty esters and physical therapy on myofascial pain syndrome of the neck. *J Bodyw MovTher*. 2011 Jul; 15(3):363-74.

Sharp R.L. Role of sodium in fluid homeostasis with exercise. *J Am Coll Nutr*. 2006 June; 25(suppl 3): 231S-239S.

Shave R., et al. The effects of sodium citrate ingestion on 3,000-meter time-trial performance. *J Strength Cond Res*. 2001 May; 15(2):230-4.

Shimomura Y., et al. Nutraceutical effects of branched-chain amino acids on skeletal muscle. *J Nutr*. 2006 Feb; 136(2):529S-532S.

Shirreffs S.M., et al. Volume repletion after exercise-induced volume depletion in humans: replacement of water and sodium losses. *Am J Physiol*. 1998 May; 274(5 Pt 2): F868-75.

Siegler J.C. Sodium bicarbonate ingestion and boxing performance. *J Strength Cond Res*. 2010 Jan; 24(1):103-8

Simonsen J.C., et al. Dietary carbohydrate, muscle glycogen, and power output during rowing training. *J Appl Physiol*. 1991 Apr; 70(4):1500-5.

Sindayikengera S., et al. Nutritional evaluation of caseins and whey proteins and their hydrolysates from Protamex. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2006 Feb; 7(2):90-8.

Singh A., et al. Chronic multivitamin-mineral supplementation does not enhance physical performance. *Med Sci Sports Exerc*. 1992 Jun; 24(6):726-32

Siu P.M., et al. Use of the glycemic index: effects on feeding patterns and exercise performance. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*. 2004 Jan; 23(1):1-6.

Slater G., et al. Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation does not affect changes in strength or body composition during resistance training in trained men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2001 Sep; 11(3):384-96.

Smith D.J., et al. Changes in glutamine and glutamate concentrations for tracking training tolerance. *Med Sci Sports Exerc*. 2000 Mar; 32(3):684-9.

Smith G.J., et al. The effect of pre-exercise glucose ingestion on performance during prolonged swimming. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2002 Jun; 12(2):136-44.

Smith H.J., et al. Mechanism of the attenuation of proteolysis-inducing factor stimulated

prote in degradation in muscle by beta-hydroxy-beta-methylbutyrate. *Cancer Res.* 2004 Dec 1; 64(23):8731-5.

Snow R.J. et al. Effect of carbohydrate ingestion on ammonia metabolism during exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2000 May; 88(5):1576-80.

Soop M. Coin gestion of whey prote in and case in in a mixed meal: demonstration of a more sustained anabolic effect of casein. *AJP- Endo.* 2012 Jul 1; vol. 303, no. 1 E152-E162.

Sousa M. Garbohydrate supplementation increases intramyo· cellular li~id stores in elite runners. *Metabolism.* 2012 Aug; Volume 61, Issue 8, Pages 1189-1196.

Steben R.E. et al. The effects of pollen and prote in extracts on selected blood factors and performance of athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 1978 Sep; 18(3):221-6.

Stein T.P. et al. Attenuation of the prote in wasting associated with bed rest by branched-chain amino acids. *Nutrition.* 1999 Sept; 15(9):656-60

Stofan J.R., et al. Sweat and sodium lasses in NCAA football players: a precursor to heat cramps? *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005 Dec; 15(6):641-52.

Stone M.B., et al. A single dose of Ginkgo biloba does not affect soleus motoneuron pool excitability. *J Strength Cond Res.* 2003 Aug; 17(3) 587-9.

StoutJ.R. et al. Effects of 28 days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on physical working capacity at neuromuscular fatigue threshold. *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* 2005; 2 ( 1): 17.

Striegel Hl., et al. The use of nutrition al supplements among master athletes. *Int J Sports Med.* 2006; 27: 236-241.

Stroescu V., et al. Hormonal and metabolic response in elite female gymnasts undergoing strenuous training and supplementation with SUPRD Brand Isolated Soy Protein. *J Sports Med Phys Fitness.* 2001 Mar; 41(1):89-94.

Sugita M. et al. Effect of a selected ami no acid mixture on the recovery from muscle fatigue du ring and after eccentric contractinn exercise training. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2003 Feb; 67(2):372-5.

Sullivan P.G., et al. Dietary supplement creatine protects against traumatic brain injury. *Ann Neural.* 2000 Nov; 48(5):723-9.

Suminski R.R., et al. Acute effect of amino acid ingestion and resistance exercise on plasma growth hormone concentration in young men. *Int J Sport Nutr.* 1997 Mar; 7(1):48-60.

Sutton E.E. et al. Ingestion of tyrosine: effects on endurance, muscle strength, and anaerobic performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metsb.* 2005 Apr; 15(2):173-85.

Swart 1., et al. The effect of L-carnitine supplementation on plasma carnitine levels and

various performance parameters of male marathon athletes. *Nutr Res.* 1997 March; 17(3):405-414.

Syrotuik Di.G., et al. Acute creatine monohydrate supplementation: a descriptive physiological profile of responders vs. nonresponders. *J Strength Cond Res.* 2004 Aug; 18(3):610-7.

Tallon M.J., et al. The carnosine content of vastus lateralis is elevated in resistance-trained bodybuilders. *J Strength Cond Res.* 2005 Nov; 19(4):725-9.

Tang J.E. Minimal whey protein with carbohydrate stimulates muscle prote in synthesis following resistance exercise in trained young men. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2007 Dec; 32(6):1132-8.

Tang J.E. Bolus arginine supplementation affects neither muscle blaod flow nor muscle protein synthesis in young men at rest or alter resistance exercise. *J Nutr.* 2011 Feb; 141(2):195-200.

Taniguchi Y., et al. Antinociceptive effects of counterirritants. *Nippon Yakurigaku Zasshi.* 1994 Dec; 104(6):433-46.

Tant L., et al. Open-label, randomized, controlled pilot study of the effects of a glucosamine complex on low back pain. *Current Therapeutic Research.* 2005 Nov-Dec; 66(6):511-521.

Tarnopolsky M.A. Gender differences in metabolism; nutrition and supplements. *J Sei Med Sport.* 2000 Sep; 3(3):287-98.

Tarnopolsky M.A, et al. Gender differences in carbohydrate loading are related ta energy intake. *J Appl Physiol.* 2001 Jul; 91(1 ):225-30.

Tarpenning K.M., et al. Influence of weight training exercise and modification of hormonal response on skeletal muscle growth. *J Sei Med Sport.* 2001 Dec; 4(4):431-46.

Telford R.D., et al. The effect of 7 to 8 months of vitamin/mineral supplementation on the vitam in and minerai status of athletes. *Int J Sport Nutr.* 1992 Jun; 2(2):123-34.

Teste J.F. Psychopharmacological properties of three magnesium salts: pidolate, lactate and aspartate. *Ann Pharm Fr.* 1995; 53(4):176-83.

Thistlethwaite J.R. The effects of glutamine on muscle strength and body composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2005 May; 37(5 suppl): S45.

Tholon L., et al. An in vitro, ex vivo, and in vivo demonstration of the lipolytic effect of slimming liposomes: an unexpected alpha m-adrenergic antagonism. *J Cos met Sei.* 2002 Jul-Aug; 53(4):209-18.

Thompson D., et al. Prolonged vitamin C supplementation and recovery !rom demanding exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001 Dec; 11(4):466-81.

Thompson W.G., et al. Effect of energy-reduced diets high in dairy products and fi ber on

- weight loss in obese adults. *Obes Res.* 2005 Aug; 13(8):1344-53.59(10):335-8.
- Tipton K.D., et al. Nonessential amino acids are not necessary to stimulate late net muscle protein synthesis in healthy volunteers. *J Nutr Biochem.* 1999 Feb; 10(2):89-95.
- Tipton K.D., et al. Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2001 Aug; 281(2):E197-206.
- Tipton K.D., et al. Acute response of net muscle protein balance reflects 24-h balance after exercise and amino acid ingestion. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2003 Jan; 284(1):E76-89.
- Tipton K.D., et al. Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2004 Dec; 36(12):2073-2081
- Tomten S.E., et al. Energy balance in weight stable athletes with and without menstrual disorders. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* 2006 Apr; 16(2):127.
- Tripathi Y.B., et al. Thyroid stimulatory action of (Z)-guggulsterone: mechanism of action. *Planta Med.* 1988 Aug; 54(4):271-7.
- Tsintzas O.K., et al. Carbohydrate ingestion and single muscle fiber glycogen metabolism during prolonged running in men. *J Appl Physiol.* 1996 Aug; 81(2):801-9.
- Tveiten D., et al. Effect of Arnica 030 in marathon runners: pooled results from two double-blind placebo controlled studies. *Homeopathy.* 2003 Oct; 92(4):187-9.
- Uchiyama S., et al. Relationship between oxidative stress in muscle tissue and weight-lifting-induced muscle damage. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology.* 2006 April; 452(1)109-116.
- Udani J., et al. Blocking carbohydrate absorption and weight loss: a clinical trial using Phase 2 brand proprietary fractionated white bean extract. *Altern Med Rev.* 2004 Mar; 9(1):63-9.
- Usha P.R., et al. Randomised, double-blind, parallel, placebo-controlled study of oral glucosamine, methylsulfonylmethane and their combination in osteoarthritis. *Clinical Drug Investigation.* 2004; 24 (6): 353-363.
- Van Hall G., et al. Mechanisms of activation of muscle branched-chain alpha-keto acid dehydrogenase during exercise in man. *J Physiol.* 1996 Aug 1; 494 ( Pt 3): 899-905.
- Van Hall G., et al. Effect of carbohydrate supplementation on plasma glutamine during prolonged exercise and recovery. *Int J Sports Med.* 1998 Feb; 19(2):82-6.
- Van Koeveering M.T., et al. Effects of beta-hydroxy-beta-methyl butyrate on performance and carcass quality of feedlot steers. *J Anim Sci.* 1994 Aug; 72(8):1927-35.
- Van Schepdael P. Les effets du Ginseng G115 sur la capacité physique de sportifs d'endurance. *Acta ther.* 1993; 19 (4): 337-347.
- Van Someren K.A., et al. Supplementation with beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) and

alpha-ketoisocaproic acid (KIC) reduces signs and symptoms of exercise-induced muscle damage in man. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005 Aug; 15(4):413-24.

Van Zyl C.G., et al. Effects of medium-chain triglyceride ingestion on fuel metabolism and cycling performance. *J Appl Physiol.* 1996 Jun; 80(6):2217-25.

Varnier M., et al. Stimulatory effect of glutamine on glycogen accumulation in human skeletal muscle. *Am J Physiol.* 1995 Aug; 269(2 Pt 1): E309-15.

Vaughan M.A., et al. Physiological effects of ginseng may be due to methylxanthines. *Med Sei Sports Exerc.* 1999 May; 31(5) Supplement: S121,

Vickers A.J., et al. Homeopathic Arnica 30x is ineffective for muscle soreness after long-distance running: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Clin J Pain.* 1998 Sep; 14(3):227-31.

Vierck J.L., et al. The effects of ergogenic compounds on myogenic satellite cell proliferation. *Med Sei Sports Exerc.* 2003 May; 35(5):769-76.

Vikman H.L., et al. Alpha 2A-adrenergic regulation of cyclic AMP accumulation and lipolysis in human omental and subcutaneous adipocytes. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1996 Feb; 20(2):185-9

Villani R.G., et al. L-Carnitine supplementation combined with aerobic training does not promote weight loss in moderately obese women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2000 Jun; 10(2):199-207.

Volek J.S. Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Med Sei Sports Exerc.* 1999 Aug; 31(8):1147-1156.

Volek J.S., et al. L-Carnitine L-tartrate supplementation favorably affects markers of recovery from exercise stress. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2002 Feb; 282(2):E474-82.

Volk O. Behaviour of selected amino acids during a triple iron ultratriathlon. *Deutsche Zeitschrift Sportmedizin.* 2001; 52(5): 169.

Vorce S.P. Dimethylamylamine: a drug causing positive immunoassay results for amphetamines. *J Anal Toxicol.* 2011 Apr; 35(3):183-7.

Vormann J. Supplementation with alkaline minerals reduces symptoms in patients with chronic low back pain. *J Trace Elem Med Biol.* 2001; 15(2-3):179-83.

Vukovich M.D., et al. Effect of beta-hydroxy beta-methylbutyrate on the onset of blood lactate accumulation and  $\dot{V}_{O_2}$  peak in endurance-trained cyclists. *J Strength Cond Res.* 2001 Nov; 15(4):491-7.

Walberg-Rankin J., et al. The effect of oral arginine during energy restriction in male weight trainers. *J Strength Cond Res.* 1994; 8 (3): 170-177

Walker J.L., et al. Dietary carbohydrate, muscle glycogen content, and endurance



performance in well-trained women. *J Appl Physiol*. 2000 Jun; 88(6):2151-8.

Wallace S.G. Exercise performance in silicon supplemented thoroughbreds. *Faseb J*. 2006; 20(4):A197.

Walsh D.E., et al. Effect of glucomannan on obese patients: a clinical study. *Int J Obes*. 1984; 8(4):289-93.

Watson T.A., et al. Antioxidant-restricted diet reduces plasma nonesterified fatty acids in trained athletes. *Lipids*. 2005 Apr; 40(4):433-5.

Weight L.M., et al. Vitamin and mineral supplementation: effect on the running performance of trained athletes. *Am J Clin Nutr*. 1988 Feb; 47(2):192-5.

Weiss M., et al. Correlations between central nervous system parameters and hormonal regulations during recovery from physical stress are influenced by L-theanine. *Amino Acids*. 2001; 21(1): 62.

Welbourne T.C. Increased plasma bicarbonate and growth hormone alter an oral glutamine load. *Am J Clin Nutr*. 1995 May; 61(5):1058-61.

Weschler L.B., et al. What can be concluded regarding water versus sports drinks from the Vrijens-Reher experiments? *J Appl Physiol*. 2006 Apr; 100(4):1433-4. 263

## SERMENT DE GALIEN

*Je jure, en présence de mes maîtres de la Faculté, des conseillers de l'Ordre des pharmaciens et de mes condisciples :*

- ❖ D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.*
- ❖ D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.*
- ❖ De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine, de respecter le secret professionnel.*
- ❖ En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.*

*Que je sois couvert d'opprobre, méprisé de mes confrères, si j'y manque.*