

Quelles sont les pratiques d'adaptation de l'insulinothérapie et des apports glucidiques chez les patients diabétiques de type 1 au cours de l'activité sportive ?

Marie Barthod

▶ **To cite this version:**

Marie Barthod. Quelles sont les pratiques d'adaptation de l'insulinothérapie et des apports glucidiques chez les patients diabétiques de type 1 au cours de l'activité sportive ?. Médecine humaine et pathologie. 2016. dumas-01383406

HAL Id: dumas-01383406

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01383406

Submitted on 18 Oct 2016

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.

UFR de Médecine
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes
BIBLIOTHÈQUES UNIVERSITAIRES Grenoble Alpes
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes
Grenoble INP

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il n'a pas été réévalué depuis la date de soutenance.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact au SID de Grenoble :
bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/juridique/droit-auteur
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

UNIVERSITE GRENOBLE ALPES

FACULTE DE MEDECINE DE GRENOBLE

Année : 2016 N°

Quelles sont les pratiques d'adaptation de l'insulinothérapie et des apports glucidiques chez les patients diabétiques de type 1 au cours de l'activité sportive ?

THESE

PRESENTEE POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

DIPLÔME D'ETAT

MARIE BARTHOD

[Données à caractère personnel]

THESE SOUTENUE PUBLIQUEMENT A LA FACULTE DE MEDECINE DE GRENOBLE*

Le : 14.10.2016

DEVANT LE JURY COMPOSE DE

Président du jury : Pr. Olivier CHABRE

Directeur de Thèse : Pr Pierre-Yves BENHAMOU

Membres

Pr Anne laure BOREL

Dr Isabelle DEBATY

Dr Sandrine LABLANCHE

**La Faculté de Médecine de Grenoble n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions sont considérées comme propres à leurs auteurs.*

Remerciement

Je remercie sincèrement les membres du jury d'avoir jugé mon travail de thèse :

Au Professeur Pierre-Yves Benhamou
Tout d'abord, je vous remercie pour votre encadrement, vous êtes à l'origine de ce travail, vous avez su me guider dans l'élaboration et la rédaction de cette thèse. Je souhaite aussi vous remercier pour votre enseignement durant ces quatre années d'internat, je ne pensais pas qu'il était possible d'être si bien accueillie en arrivant à Grenoble, c'est un plaisir de travailler et d'apprendre à vos côtés. Vous êtes la preuve que la transmission du savoir se fait d'autant mieux dans la bonne humeur. Vos qualités relationnelles avec vos patients, ainsi que vos collègues et vos étudiants sont un modèle à suivre pour moi.

Au Professeur Olivier Chabre
Je vous remercie pour l'enseignement de l'endocrinologie tout au long de mon internat, les semestres dans votre service m'ont permis d'acquérir des connaissances solides et une rigueur essentielle à la pratique de cette spécialité.
Merci aussi pour l'encadrement des différents travaux, notamment pour mon mémoire de DES et les travaux de biologie.
De plus, je vous suis reconnaissante pour votre implication dans la formation de vos étudiants, j'ai grâce à vous pu accéder durant mon internat à d'excellents terrains de stages.

Au Professeur Anne-Laure Borel
Merci Anne Laure d'être présente pour juger ce travail.
Les semestres à tes cotés sont de très bon souvenirs pour moi. Tu sais allier efficacité et humour au travail et c'est vraiment appréciable. Je me souviendrai de ces contre-visites toujours dans la bonne humeur et de ces « défis pompes » avec les externes. Je suis admirative de ton parcours et suis ravie de pouvoir t'appeler Professeur à présent !

Au Docteur Isabelle Debaty
Je suis très heureuse de ta présence au sein de ce jury.
Tes compétences en éducation thérapeutique m'ont été précieuses pour la réalisation de ce travail, merci de m'avoir initiée à ce domaine passionnant qui est indispensable dans notre discipline.

Au Docteur Sandrine Lablanche
Merci Sandrine d'avoir accepté de juger cette thèse.
Merci pour la transmission de tes connaissance dans le diabète de type 1 mais pas seulement, tes compétences de clinicienne, ton organisation et ton professionnalisme ont rendu les semestres passés à tes côtés très agréables.

A toutes les personnes qui ont participé à ma formation :

A toute l'équipe de diabétologie d'Annecy : Agnès, Sandrine, Hafid, Diana, merci de votre accueil lors de mon premier semestre, j'ai découvert avec vous l'exercice de notre belle spécialité, vous avez su me donner l'envie de poursuivre. J'ai hâte de pouvoir exercer dans votre service.

Aux endocrinologues pédiatriques du CHU, Anne et Clémentine et Anne L : merci de m'avoir accueillie lors de vos consultations, je vous suis reconnaissante de m'avoir transmis toutes vos connaissances et votre savoir-faire dans la prise en charge des pathologies pédiatriques.

A toute l'équipe de PMA, Pascale, Nicole et Laure : merci de m'avoir fait découvrir cette facette de l'endocrinologie - à Agnès, Sylvie, Brigitte et à Eliane et Odile : merci pour votre accueil, je garde vraiment un très bon souvenir de ce semestre, vous êtes une super équipe, et je transmets aux prochaines internes d'endocrinologie la mission de vous fournir le patch magique !

Au Pr Faure, merci de m'avoir accueillie dans le laboratoire de biochimie hormonale.

Aux équipes des Ecrins,

A Marie, Nelly, merci pour votre présence et votre disponibilité toujours chaleureuse pour répondre à une question ou un avis.

A Anne-Laure C, tu as été ma première assistante et j'en garde vraiment un très bon souvenir : toujours avec le sourire, disponible et bienveillante. Mon souhait est d'arriver à la hauteur de tes talents pour mon futur poste d'assistante.

A tous les soignants du premier et du deuxième étage, j'ai passé trois agréables semestres en votre compagnie.

Aux secrétaires : Gaëlle, Odile, Marie-Antoinette, ainsi que toutes les autres, pour avoir supporté tous ces courriers dictés et pour votre accueil!

A mes Co internes,

Marie Aude ; tu es la petite voix par téléphone qui m'a convaincue de venir à Grenoble pour l'internat, et je te remercie pour ça car je ne regrette en rien ce choix ! Merci d'avoir été une super co-interne et une super assistante.
Claire, je te dédie la palme de la persévérance, ton parcours est exemplaire et j'admire ta capacité à allier ta vie personnelle à ta vie professionnelle. J'espère bien te revoir sur une course d'orientation un de ces jours !
Sandra, tu es celle avec qui j'ai partagé le plus d'heures de sommeil, avec toi tout est facile, tu es toujours arrangeante et je ne te remercierai jamais assez de nous avoir fait découvrir les mojitos framboise de ton cousin ! Je te souhaite le meilleur pour la suite aux Ecrins !
Maurine, merci d'avoir été la plus cool des co-internes, toujours efficace dans la bonne humeur. Claudine, je suis ravie de t'avoir eu à mes côtés, même si tu as changé d'orientation, tu feras toujours partie de la team des endocrino. Manon, merci pour tous ces repas gastronomiques partagés à l'internat! Eve, Justine, Johana et tous les autres, merci pour ces bons moments partagés en cours de DES et ailleurs !

Maria, Julian, Manue, Mathieu, Chloé la dream team du premier semestre annécien, j'ai vécu un magnifique premier semestre et c'est en partie grâce à vous, ça va me faire bizarre de retourner à Annecy sans vous ! Je vous souhaite le meilleur pour la suite !

Mathilde, Maxime, Anne Cécile, Caro, Elodie, Jérémy, Pauline, Gwendal, Laura, merci pour ces stages passés en votre compagnie.

A ma famille

A mes parents, qui m'ont toujours soutenue durant ces longues années d'études, vous m'êtes indispensable, vous avez su me donner le goût du travail, subit les périodes de concours, mais surtout appris à partager les réussites en bonne compagnie!

A ma sœur Elise et mon frère Pierre-Yves, sur qui je peux compter en toutes circonstances, merci Elise et Thomas pour votre accueil lors de ces nombreux week-ends parisiens durant toutes ces années, j'espère bien qu'ils continueront autour d'un lac…
Pierre-Yves, je sais que toutes mes années d'études ne t'ont pas vraiment donné envie mais je suis si fière de voir que tu as trouvé ta voie à ton tour.

A mes grands-mères, qui ont toujours suivi mon parcours, merci pour votre gentillesse et votre affection, vous êtes toujours présentes pour me préparer un bon petit plat ou me garder quelques morceaux de chocolats, et ça c'est essentiel!

A mes oncles et tantes, parrain et marraine, toujours présents pour partager de bons moments de convivialité qui font que la vie est belle.

A ma belle-famille, avec qui je vis de bons moments, et où je me sens bien.

A mes amis,

A Marion et Flo, vous êtes là depuis la maternelle, on ne s'est jamais quitté, et j'espère bien que ça continue encore et encore…
Marion, partager 6 années de colocation était un pur bonheur, je n'imaginais pas que le fameux « on est qu'un petit bonhomme sur terre » nous suivrait jusqu'ici...

A Sabine et Méla, La P1 où tout a commencé, bizarrement les souvenirs les plus marquants se situe plus lors de notre super été de vacances post P1, ça fait déjà 10 ans, et j'ai l'impression que rien a changé, c'est toujours un plaisir de se retrouver pour une petite soirée.

A Marina, mon binôme de vie au cours de la sixième année, on a tout partagé et je crois que ça nous a plutôt bien réussit… avec une fin en beauté à la réunion. Même si on se voit moins souvent le bonheur reste intact.

A toute la bande, Tiph, Manon, Elia, Jarno, Aloïs, Fanfan, Bouboul ,Lulu, Ben, et à toutes les pièces rapportés qui font maintenant pleinement partie du groupe Marjo, Kounet, Emeline, Chloé, Mathilde. Merci pour toutes ces fiestas partagées jusque tard dans la nuit, toutes ces vacances peu reposantes, tous ces moments où on a toujours l'impression d'être au lycée, et c'est bien parti pour continuer très longtemps !

A Igor,
Mon IG, Merci pour tout. Depuis 10 ans…ta présence au quotidien, ta bonne humeur et ta capacité à me faire rire et à relativiser toutes les situations rendent ma vie toujours plus belle. Merci de m'accompagner dans tous nos projets, de vie et de sport aussi, je connais grâce à toi sur le bout des doigts la définition du bonheur.

Liste des MCU PUPH

UFR de Médecine
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes

Doyen de la Faculté : **M. le Pr. Jean Paul ROMANET**

Année 2016-2017

ENSEIGNANTS A L'UFR DE MEDECINE

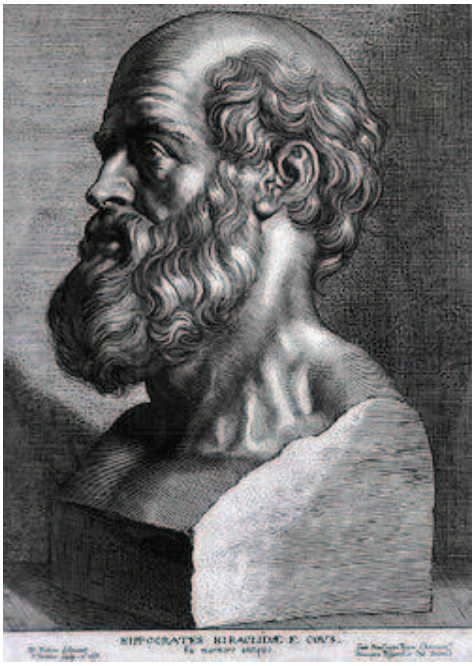
CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH	ALBALADEJO Pierre	Anesthésiologie réanimation
PU-PH	APTEL Florent	Ophtalmologie
PU-PH	ARVIEUX-BARTHELEMY Catherine	Chirurgie générale
PU-PH	BALOSSO Jacques	Radiothérapie
PU-PH	BARONE-ROCHETTE Gilles	Cardiologie
PU-PH	BARRET Luc	Médecine légale et droit de la santé
PU-PH	BAYAT Sam	Physiologie
PU-PH	BENHAMOU Pierre Yves	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	BERGER François	Biologie cellulaire
MCU-PH	BIDART-COUTTON Marie	Biologie cellulaire
MCU-PH	BOISSET Sandrine	Agents infectieux
PU-PH	BONAZ Bruno	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie
PU-PH	BONNETERRE Vincent	Médecine et santé au travail
PU-PH	BOREL Anne-Laure	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	BOSSON Jean-Luc	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	BOTTARI Serge	Biologie cellulaire
PU-PH	BOUGEROL Thierry	Psychiatrie d'adultes
PU-PH	BOUILLET Laurence	Médecine interne
PU-PH	BOUZAT Pierre	Réanimation
PU-PH	BRAMBILLA Christian	Pneumologie
MCU-PH	BRENIER-PINCHART Marie Pierre	Parasitologie et mycologie
PU-PH	BRICAULT Ivan	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	BRICHON Pierre-Yves	Chirurgie thoracique et cardio- vasculaire
MCU-PH	BRIOT Raphaël	Thérapeutique, médecine d'urgence
MCU-PH	BROUILLET Sophie	Biologie et médecine du développement et de la reproduction
PU-PH	CAHN Jean-Yves	Hématologie
MCU-PH	CALLANAN-WILSON Mary	Hématologie, transfusion
PU-PH	CARPENTIER Françoise	Thérapeutique, médecine d'urgence
PU-PH	CARPENTIER Patrick	Chirurgie vasculaire, médecine vasculaire
PU-PH	CESBRON Jean-Yves	Immunologie
PU-PH	CHABARDES Stephan	Neurochirurgie
PU-PH	CHABRE Olivier	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	CHAFFANJON Philippe	Anatomie

PU-PH	CHARLES Julie	Dermatologie
PU-PH	CHAVANON Olivier	Chirurgie thoracique et cardio- vasculaire
PU-PH	CHIQUET Christophe	Ophtalmologie
PU-PH	CINQUIN Philippe	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	COHEN Olivier	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	COUTURIER Pascal	Gériatrie et biologie du vieillissement
PU-PH	CRACOWSKI Jean-Luc	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
PU-PH	CURE Hervé	Oncologie
PU-PH	DEBILLON Thierry	Pédiatrie
PU-PH	DECAENS Thomas	Gastro-entérologie, Hépatologie
PU-PH	DEMATTEIS Maurice	Addictologie
MCU-PH	DERANSART Colin	Physiologie
PU-PH	DESCOTES Jean-Luc	Urologie
MCU-PH	DETANTE Olivier	Neurologie
MCU-PH	DIETERICH Klaus	Génétique et procréation
MCU-PH	DOUTRELEAU Stéphane	Physiologie
MCU-PH	DUMESTRE-PERARD Chantal	Immunologie
PU-PH	EPAULARD Olivier	Maladies Infectieuses et Tropicales
PU-PH	ESTEVE François	Biophysique et médecine nucléaire
MCU-PH	EYSSERIC Héléne	Médecine légale et droit de la santé
PU-PH	FAGRET Daniel	Biophysique et médecine nucléaire
PU-PH	FAUCHERON Jean-Luc	Chirurgie générale
MCU-PH	FAURE Julien	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	FERRETTI Gilbert	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	FEUERSTEIN Claude	Physiologie
PU-PH	FONTAINE Éric	Nutrition
PU-PH	FRANCOIS Patrice	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
MCU-MG	GABOREAU Yoann	Médecine Générale
PU-PH	GARBAN Frédéric	Hématologie, transfusion
PU-PH	GAUDIN Philippe	Rhumatologie
PU-PH	GAVAZZI Gaétan	Gériatrie et biologie du vieillissement
PU-PH	GAY Emmanuel	Neurochirurgie
MCU-PH	GILLOIS Pierre	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	GRAND Sylvie	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	GRIFFET Jacques	Chirurgie infantile
PU-PH	GUEBRE-EGZIABHER Fitsum	Néphrologie
MCU-PH	GUZUN Rita	Endocrinologie, diabétologie, nutrition, éducation thérapeutique
PU-PH	HAINAUT Pierre	Biochimie, biologie moléculaire
PU-PH	HENNEBICQ Sylviane	Génétique et procréation
PU-PH	HOFFMANN Pascale	Gynécologie obstétrique
PU-PH	HOMMEL Marc	Neurologie
PU-MG	IMBERT Patrick	Médecine Générale
PU-PH	JOUK Pierre-Simon	Génétique
PU-PH	JUVIN Robert	Rhumatologie

PU-PH	KAHANE Philippe	Physiologie
PU-PH	KRACK Paul	Neurologie
PU-PH	KRAINIK Alexandre	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	LABARERE José	Epidémiologie ; Eco. de la Santé
MCU-PH	LANDELLE Caroline	Bactériologie - virologie
MCU-PH	LAPORTE François	Biochimie et biologie moléculaire
MCU-PH	LARDY Bernard	Biochimie et biologie moléculaire
MCU-PH	LARRAT Sylvie	Bactériologie, virologie
MCU - PH	LE GOUËLLEC Audrey	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	LECCIA Marie-Thérèse	Dermato-vénéréologie
PU-PH	LEROUX Dominique	Génétique
PU-PH	LEROY Vincent	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie
PU-PH	LEVY Patrick	Physiologie
MCU-PH	LONG Jean-Alexandre	Urologie
PU-PH	MAGNE Jean-Luc	Chirurgie vasculaire
MCU-PH	MAIGNAN Maxime	Thérapeutique, médecine d'urgence
PU-PH	MAITRE Anne	Médecine et santé au travail
MCU-PH	MALLARET Marie-Reine	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
MCU-PH	MARLU Raphaël	Hématologie, transfusion
MCU-PH	MAUBON Danièle	Parasitologie et mycologie
PU-PH	MAURIN Max	Bactériologie - virologie
MCU-PH	MC LEER Anne	Cytologie et histologie
PU-PH	MERLOZ Philippe	Chirurgie orthopédique et traumatologie
PU-PH	MORAND Patrice	Bactériologie - virologie
PU-PH	MOREAU-GAUDRY Alexandre	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	MORO Elena	Neurologie
PU-PH	MORO-SIBILOT Denis	Pneumologie
PU-PH	MOUSSEAU Mireille	Cancérologie
PU-PH	MOUTET François	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie
MCU-PH	PACLET Marie-Hélène	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	PALOMBI Olivier	Anatomie
PU-PH	PARK Sophie	Hémato - transfusion
PU-PH	PASSAGGIA Jean-Guy	Anatomie
PU-PH	PAYEN DE LA GARANDERIE Jean-François	Anesthésiologie réanimation
MCU-PH	PAYSANT François	Médecine légale et droit de la santé
MCU-PH	PELLETIER Laurent	Biologie cellulaire
PU-PH	PELLOUX Hervé	Parasitologie et mycologie
PU-PH	PEPIN Jean-Louis	Physiologie
PU-PH	PERENNOU Dominique	Médecine physique et de réadaptation
PU-PH	PERNOD Gilles	Médecine vasculaire
PU-PH	PIOLAT Christian	Chirurgie infantile
PU-PH	PISON Christophe	Pneumologie
PU-PH	PLANTAZ Dominique	Pédiatrie
PU-PH	POIGNARD Pascal	Virologie

PU-PH	POLACK Benoît	Hématologie
PU-PH	POLOSAN Mircea	Psychiatrie d'adultes
PU-PH	PONS Jean-Claude	Gynécologie obstétrique
PU-PH	RAMBEAUD Jacques	Urologie
PU-PH	RAY Pierre	Biologie et médecine du développement et de la reproduction
PU-PH	REYT Émile	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH	RIGHINI Christian	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH	ROMANET Jean Paul	Ophtalmologie
PU-PH	ROSTAING Lionel	Néphrologie
MCU-PH	ROUSTIT Matthieu	Pharmacologie fondamentale, pharmaco clinique, addictologie
MCU-PH	ROUX-BUISSON Nathalie	Biochimie, toxicologie et pharmacologie
MCU-PH	RUBIO Amandine	Pédiatrie
PU-PH	SARAGAGLIA Dominique	Chirurgie orthopédique et traumatologie
MCU-PH	SATRE Véronique	Génétique
PU-PH	SAUDOU Frédéric	Biologie Cellulaire
PU-PH	SCHMERBER Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH	SCHWEBEL-CANALI Carole	Réanimation médicale
PU-PH	SCOLAN Virginie	Médecine légale et droit de la santé
MCU-PH	SEIGNEURIN Arnaud	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	STAHL Jean-Paul	Maladies infectieuses, maladies tropicales
PU-PH	STANKE Françoise	Pharmacologie fondamentale
MCU-PH	STASIA Marie-José	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	STURM Nathalie	Anatomie et cytologie pathologiques
PU-PH	TAMISIER Renaud	Physiologie
PU-PH	TERZI Nicolas	Réanimation
MCU-PH	TOFFART Anne-Claire	Pneumologie
PU-PH	TONETTI Jérôme	Chirurgie orthopédique et traumatologie
PU-PH	TOUSSAINT Bertrand	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	VANZETTO Gérald	Cardiologie
PU-PH	VUILLEZ Jean-Philippe	Biophysique et médecine nucléaire
PU-PH	WEIL Georges	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	ZAOUI Philippe	Néphrologie
PU-PH	ZARSKI Jean-Pierre	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie

PU-PH : Professeur des Universités et Praticiens Hospitaliers
MCU-PH : Maitre de Conférences des Universités et Praticiens Hospitaliers
PU-MG : Professeur des Universités de Médecine Générale
MCU-MG : Maitre de Conférences des Universités de Médecine Générale



Serment D'Hippocrate

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'HIPPOCRATE,

Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuitement à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au dessus de mon travail. Je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis dans l'intimité des maisons, mes yeux n'y verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les moeurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

Table des Matières

Remerciement 3
Liste des MCU PUPH 7
Serment D'Hippocrate 11
Table des Matières : 12
Résumé 14

I) INTRODUCTION 15
A) Sport et diabète de type 1 15
B) Physiologie de l'activité physique 17
a) Concernant le métabolisme des muscles squelettiques 17
b) Concernant le métabolisme glucidique 19
C) Facteurs affectant la réponse glycémique durant l'exercice 21
a) Le type d'activité 21
b) La durée et l'intensité 22
c) L'équilibre métabolique et la glycémie 22
d) Les injections d'insuline 23
e) Les apports glucidiques 23
f) L'absorption de l'insuline : zone d'injection et température ambiante 24
g) L'entrainement 25
h) Le degré de stress ou la compétition 25
i) L'heure de l'activité physique 25
D) L'utilité d'une activité physique 26
a) Diminution du risque cardio vasculaire 26
b) Réduction des besoins en insuline 26
c) Amélioration du bilan lipidique 27
d) Diminution du risque de dépression 27
e) Amélioration et maintien de l'endurance 28
f) Equilibre métabolique 28
g) Diminution des complications microvasculaires 28
h) Aide à l'équilibre tensionnel 29
i) Capital osseux 29
j) Composition corporelle 29

E) Revue de la littérature : bases pratiques existantes 30
a) La consommation de glucides : 30
b) La diminution de la dose du bolus prandial avant ou après l'exercice 33
c) La modification du schéma basal pour les patients traités par pompe 34
d) Ces stratégies peuvent être utilisées de façon combinée 35
II) MATERIEL ET METHODES 36
A) Adaptation de l'insulinothérapie lors d'activité physique en pratique courante, Questionnaires de patients diabétiques experts 36
a) Design de l'étude 36
b) Population 36
c) Recueil de données 36
III) RESULTATS 38
A) Adaptation de l'insulinothérapie en pratique courante lors d'activité sportive : l'expérience de 15 patients « experts » 38
a) caractéristiques générales des patients analysés 38
b) Type d'activités pratiquées 39
c) Effets bénéfiques de l'activité physique 40
d) Surveillance glycémique et adaptation de l'insulinothérapie 40
e) Difficultés rencontrées et besoin d'aide pour gérer la pratique d'activité sportive 46
f) Critère de jugement d'une activité physique bien conduite 47
g) Attente vis à vis de la recherche pour faciliter la conduite d'une activité physique 47
B) Guide Pratique d'Adaptation de l'insuline lors de l'activité physique 48
IV) DISCUSSION 50
A) Avantages et limites de l'étude 50
a) Liés à l'enquêteur 50
b) liés à l'échantillonnage 50
c) Intérêt du guide pratique 51
B) Perspective d'évolution dans la prise en charge du diabète de type 1 au cours de l'activité sportive 52
V) CONCLUSION 54
VI) BIBLIOGRAPHIE 56
VII) ANNEXES 62

RESUME

INTRODUCTION : L'activité physique pour les personnes vivant avec un diabète de type 1 est associée à de nombreux avantages pour la santé. Malgré cela, les patients DT1 pratiquent moins souvent de l'activité physique que la population générale, du fait de la peur de l'hypoglycémie sévère. L'objectif est d'évaluer les stratégies d'adaptation de l'insulinothérapie chez des patients sportifs expérimentés et d'établir un outil pédagogique destiné à aider les personnes atteintes de DT1 à devenir et rester physiquement actives afin de réduire l'impact négatif du diabète sur leur santé.

MATERIEL ET METHODES : Des questionnaires dirigés étaient réalisés chez 15 patients diabétiques de type 1 experts, pratiquant au moins une activité sportive hebdomadaire et ayant une HbA1c inférieure à 8%.

RESULTATS : les patients traités par multi-injection effectuent soit une diminution de la Lantus, soit une diminution du bolus repas allant de de 20% à 50%, associé à une prise de glucides de 15 grammes avant l'effort. Les patients traités par pompe à insuline utilisent un débit temporaire diminué de 30% à 75% voire 100% du débit de base (pour une intensité >6 sur l'échelle de Borg).S'y associe une consommation de glucides de 15 grammes avant l'activité puis 15 grammes/h pour les intensités supérieures à 7. Ces résultats associés aux données de la littérature ont permis de faire des propositions d'adaptation de l'insulinothérapie et de la prise de glucides sous la forme d'un guide pratique.

CONCLUSION : le guide pratique est un outil pour les patients permettant d'acquérir et maintenir des compétences en tenant compte de leur expérience et de leur gestion du diabète, il participe de la mise au point du pancréas artificiel dans l'attente de son développement et de sa généralisation.

I) INTRODUCTION

A) Sport et diabète de type 1

L'activité physique pour les personnes vivant avec un diabète de type 1 (DT1) est associée à un grand nombre d'avantages pour la santé, notamment la diminution du risque cardio vasculaire, le renforcement du capital osseux et de la masse musculaire, le développement des relations aux autres ainsi que la diminution du risque de dépression (1,2).

Malgré ces avantages, la plupart des adultes DT1 pratiquent moins souvent de l'activité physique que leurs homologues non diabétiques (3). Bien que les raisons soient multifactorielles, comprenant des préoccupations comme la perte du contrôle du diabète et la faible condition physique, la barrière absolue à l'activité physique semble être la peur de l'hypoglycémie sévère, associée à un manque de connaissance des stratégies efficaces pour éviter l'hypoglycémie (3).

Les recommandations actuelles de l'ADA (American Diabetes Association) sont de pratiquer au moins 150 minutes d'activité physique aérobie d'intensité modérée par semaine, soit 30 minutes par jour, 5 jours sur 7 (4).

Cependant, la preuve de l'amélioration du contrôle glycémique par l'activité physique est débattue. Les études montrent des résultats mitigés sur le contrôle glycémique (mesurée par l'hémoglobine glyquée), avec quelques études démontrant une amélioration de l'HbA1c suivant l'entraînement aérobie ou de résistance, (1,5–7) et d'autres sans effet particulier (2,8,9).

L'expérience individuelle de chaque patient joue un rôle essentiel dans l'ajustement du dosage d'insuline et de la prise alimentaire afin de maintenir des niveaux optimaux de glucose avant, pendant et après l'exercice.

Une étude portant sur 502 patients mettait en évidence la nécessité de développer des stratégies de gestion de l'exercice adaptées à l'ensemble des individualités, de nombreuses personnes avec un diabète de type 1 rapportaient en effet des difficultés importantes dans le contrôle de la glycémie au cours de l'activité physique (10).

L'objectif de ce travail est d'évaluer les stratégies d'adaptation de l'insulinothérapie chez des patients sportifs expérimentés et d'établir un outil pédagogique destiné à aider les personnes atteintes de DT1 à devenir et rester physiquement actives afin de réduire l'impact négatif du diabète sur leur santé.

B) Physiologie de l'activité physique

Le métabolisme glucidique pendant l'exercice est sous un contrôle neuroendocrine complexe comprenant plusieurs hormones : l'insuline, le glucagon, les catécholamines, l'hormone de croissance, et le cortisol (11).
Le niveau d'insuline endogène chute lors de l'activité physique d'intensité modérée à élevée chez les personnes non diabétiques (12). Le maintien de la normoglycémie est permis par la mobilisation du glucose et de l'énergie lipidique pour l'exercice musculaire.

La réponse physiologique à l'activité physique passe par différents mécanismes :

a) Concernant le métabolisme des muscles squelettiques

La contraction musculaire et la relaxation dépendent principalement de l'hydrolyse de l'adénosine triphosphate (ATP), qui libère l'énergie chimique nécessaire à la liaison entre la myosine et les filaments d'actine conduisant à une contraction mécanique.
Les principales sources d'énergie pour produire de l'ATP utilisée par le muscle squelettique pendant l'exercice sont le glycogène, le glucose et les acides gras libres.
La source d'énergie spécifique utilisée par le muscle travaillant pour le métabolisme aérobie dépend d'un certain nombre de facteurs, y compris l'intensité, le type et la durée de l'exercice, ainsi que le conditionnement physique et l'alimentation.
Le glycogène, le glucose et les acides gras libres fournissent tous de l'énergie pour la création de l'ATP, bien que la quantité d'ATP produite dépende de la voie métabolique utilisée.
Un certain nombre de processus biochimiques dans les fibres musculaires sont responsables du maintien d'un approvisionnement constant de l'ATP, car les réserves intracellulaires du composé ATP à haute énergie sont faibles et doivent être constamment renouvelées.

Les trois principales voies de production d'énergie qui sont utilisées pour éviter une diminution significative de la concentration de l'ATP lors de l'exercice physique sont :

- la navette phosphocréatine : métabolisme anaérobie alactique
- la glycolyse anaérobie : métabolisme anaérobie lactique
- la phosphorylation oxydative : métabolisme aérobie

Pendant les contractions musculaires, la phosphocréatine(PCr) est dégradée pour former de l'ATP nécessaire au niveau des protéines contractiles. Actif dès les premières secondes d'un exercice intense, la créatine libérée au niveau des protéines contractiles diffuse alors jusqu'aux mitochondries des cellules musculaires qui consomment de l'oxygène et produisent de l'ATP par la respiration mitochondriale.

La créatine stimule donc cette production d'ATP, permettant ainsi la réaction en sens inverse. L'ATP nouvellement formé par les mitochondries est ainsi aussitôt associé à la créatine pour reformer de la phosphocréatine, qui va en retour diffuser jusqu'aux protéines contractiles et permettre la reconstitution des stocks de phosphocréatine.

La glycolyse anaérobie est une source rapide de la production d'ATP dans laquelle le pyruvate dérivé de la glycolyse est converti en lactate sans oxygène, ce qui donne deux molécules d'ATP. Ce métabolisme agit dans les premières minutes d'un exercice intense.

L'acidification des fibres musculaires inhibe la glycolyse anaérobie et le pouvoir contractile des fibres.

La glycolyse anaérobie est moins efficace que la phosphorylation oxydative car elle produit beaucoup moins d'ATP que les quelque 26 qui sont produits par la phosphorylation oxydative.

La source de l'ATP du muscle squelettique la plus efficace est donc la phosphorylation oxydative du glucose intracellulaire et des acides gras libres dans les mitochondries.

Lors d'une activité physique d'intensité modérée, la voie « aérobie » est la voie privilégiée, l'oxydation du glucose permet alors un apport d'énergie au niveau cellulaire.

Le glucose est le principal substrat énergétique dans la première heure d'exercice.

L'utilisation des lipides est plus longue à se mettre en place.

b) Concernant le métabolisme glucidique

Il existe au cours de l'activité physique en dehors de toute pathologie, une baisse de la sécrétion d'insuline avec parallèlement, une sécrétion des hormones de contre-régulation (glucagon notamment) permettant d'augmenter la production hépatique de glucose par glycogénolyse et néoglucogenèse.

La production de glucose chez les sujets non diabétiques augmente avec l'intensité de l'activité physique et ceci peut être entièrement dû à l'élévation de la glycogénolyse hépatique.

Grace à cette régulation autonome et endocrine précise, la glycémie reste stable au cours de la plupart des activités chez les personnes sans diabète, l'augmentation du glucose sanguin compense la consommation de glucose des muscles pendant l'activité physique.

Chez les patient présentant un diabète de type 1, il y a peu ou pas de sécrétion endogène d'insuline et aucune régulation physiologique des niveaux d'insuline en réponse à une activité physique.

En cas d'insulinémie insuffisante, il existe une altération de la contre-régulation du glucose avec une réponse exagérée du glucagon, l'augmentation de la production de glucose au repos et pendant l'exercice, est entièrement attribuée à l'augmentation de la néoglucogenèse (12), s'y associe une réponse amplifiée des catécholamines (13).

L'utilisation du glucose est compromise par l'insulinopénie et le métabolisme se dirige vers la lipolyse et la cétogenèse (14). L'augmentation des corps cétoniques est le résultat de la production des acides gras libres libérés par les adipocytes et d'une augmentation de la cétogènese intrahépatique.

Hyperglycémie et cétose pendant l'exercice sont particulièrement indésirables car elles provoquent la déshydratation et une acidification du sang, les deux nuisent à la performance de l'exercice.

Inversement, le risque hypoglycémique passe par différents mécanismes :

Les niveaux d'insuline plasmatiques ne diminuent pas et peuvent même augmenter au cours de l'exercice (15). Une défaillance dans la capacité de réduire les niveaux d'insuline au cours de l'exercice, provoque une hyperinsulinémie relative qui altère la production hépatique de glucose et initie une hypoglycémie, habituellement dans les 20-60 min après le début de l'exercice.

L'exercice musculaire provoque une sensibilité accrue à l'insuline par l'intermédiaire d'une activation des transporteurs de glucose non-sensibles à l'insuline (16).

Au cours de l'exercice, l'augmentation spectaculaire de l'utilisation du glucose non médiée par l'insuline réduit considérablement le besoin de taux circulants d'insuline.

Parce que l'augmentation de l'action de l'insuline persiste après la fin de l'exercice, probablement pour aider à reconstituer le stock de glycogène musculaire et hépatique, les patients courent un risque accru d'hypoglycémie après la fin de l'exercice.

D'autre part, l'accélération de l'absorption d'insuline, secondaire à l'augmentation du flux sanguin au niveau du tissu sous-cutané et au niveau musculaire associé à l'élévation de la température corporelle favorise aussi l'hypoglycémie.

Les deux risques principaux découlant de ces mécanismes sont donc l'hypoglycémie, ou l'hyperglycémie avec cétose témoin de l'insulinopénie.

C) Facteurs affectant la réponse glycémique durant l'exercice

a) Le type d'activité

Il existe deux grands types d'activités physiques qui se distinguent, les exercices de résistance faisant fonctionner la voie anaérobie ont des effets sur le métabolisme glucidique très différents des activités d'endurance privilégiant la voie aérobie.

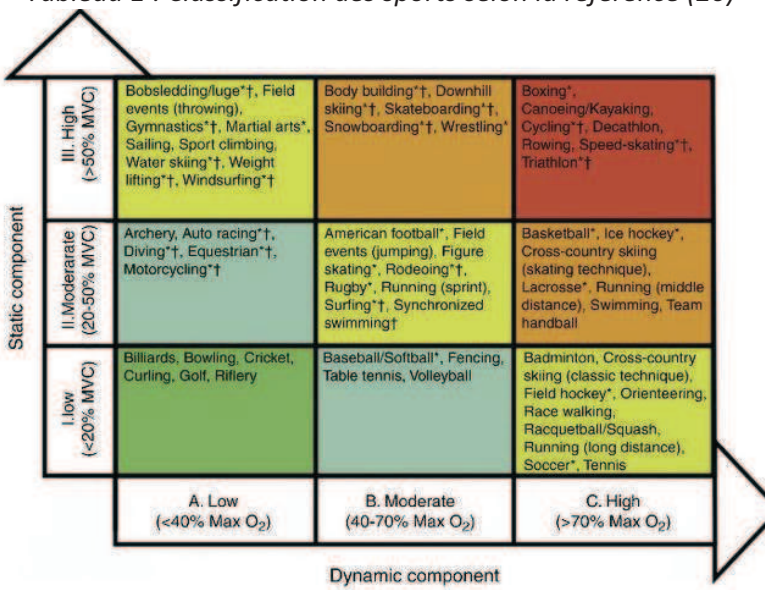
En effet, un exercice de résistance de type musculation provoque une diminution moins rapide et moins importante du glucose sanguin pendant l'activité physique, associé à une diminution plus importante de la glycémie dans les 6 heures suivant l'exercice (17,18).

Les activités aérobies tendent à faire baisser la glycémie à la fois pendant (dès les premières minutes) et après l'exercice.

Ainsi la réalisation d'exercice de résistance avant une activité aérobie améliore la stabilité glycémique et réduit la durée et la sévérité des hypoglycémies suivant l'exercice (19).

Les sports ont des spécificités propres associant des exercices anaérobie et aérobie, une classification a été proposée par l'American Collège of Cardiology , afin d'établir la part de composante dynamique (exercice aérobie) évaluée par la VO2 max, et la composante statique (exercice anaérobie) évaluée par la contraction volontaire maximale (MVC).(*tableau 1*)

Tableau 1 : Classification des sports selon la référence (20)



b) La durée et l'intensité

Des études de cohortes prospectives ont montré clairement que le bénéfice de l'activité physique augmente de manière dose-dépendante en fonction de la durée et l'intensité de celle-ci (21).

Depuis les dix dernières années, certaines études interventionnelles ont démontré que la réalisation d'activité physique intense intermittente est moins pourvoyeuse d'hypoglycémie qu'une activité modérée continue (22), alors que d'autres montrent que la diminution des épisodes d'hypoglycémie est plus flagrante après l'activité intense intermittente que pendant (23).

En effet les périodes d'activité intense stimulent la libération de catécholamine, faisant s'élever la glycémie (24).

Un exercice d'intensité modérée (50% de la VO2 max), suivi d'un sprint d'intensité maximale sur une bicyclette, empêche la glycémie de continuer à baisser pendant au moins 2 heures après l'exercice.

Cependant, les auteurs n'ont pas pu expliquer pourquoi le sprint de courte durée empêche la baisse de la glycémie pendant aussi longtemps, puisque l'augmentation des catécholamines après l'exercice intense était de très courte durée (23).

c) L'équilibre métabolique et la glycémie

Lorsque l'équilibre métabolique est médiocre et que la glycémie avant l'exercice est élevée, les niveaux d'insuline peuvent être inappropriés et l'effet des hormones de la contre-régulation sera accru, entraînant un risque plus élevé de cétose (14).

La sensation de fatigue et la perception de l'effort est majorée chez les patients diabétiques de type 1 lorsque la glycémie est élevée. En effet, une glycémie élevée diminue la sécrétion des bêta-endorphines pendant l'exercice et le niveau basal des bêta-endorphines est diminué chez les sujets qui ont un diabète, indépendamment de la glycémie. La baisse de tolérance à la fatigue qui en résulte peut compromettre les performances sportives (25).

La capacité physique chez des garçons pré-pubères ayant un bon équilibre glycémique ne différait pas de leurs homologues non diabétiques, appariés pour l'âge, le poids et ayant la pratique d'activités physiques (16).
Au contraire, il est prouvé que la capacité aérobie est plus basse et la fatigue plus grande chez les adolescents porteurs d'un diabète de type 1 dont l'équilibre glycémique n'est pas optimal (ex. HbA1c > 7,5 %) (26).

Inversement, une augmentation physiologique en cortisol (équivalent à des niveaux qui se produisent au cours de l'hypoglycémie) a donné lieu à une réponse neuroendocrine, du système nerveux autonome, et des hormones de contrerégulation amoindrie pendant un exercice ultérieur chez les sujets atteints de diabète de type 1. On peut donc en conclure que des antécédents d'hypoglycémie vont donc diminuer la réponse physiologique et les symptômes d'hypoglycémie durant l'activité physique chez le patient diabétique de type 1 (27).

d) Les injections d'insuline

Concernant les insulines rapides, le moment le plus à risque d'hypoglycémie avec un analogue rapide se situe entre 40 et 90 min après l'injection (28).
Concernant les insulines semi-lentes et lentes, dans un essai contrôlé randomisé, l'insuline detemir était associée à un moindre taux d'hypoglycémie pendant et après l'exercice que l'insuline glargine, mais il n'existait pas de différence avec l'insuline NPH chez des patients diabétiques de type 1 relativement bien contrôlés (29).

e) Les apports glucidiques

L'apport en glucides est déterminant durant un exercice prolongé pour maintenir l'euglycémie, il est également nécessaire après l'exercice afin de réapprovisionner le stock de glycogène musculaire et hépatique.
Le glucose endogène et le glucose exogène sont oxydés à des taux élevés pendant l'exercice.

Etant donné que la sensibilité à l'insuline reste élevée pendant des heures après l'exercice, les réserves en glucides doivent être reconstituées rapidement pour diminuer le risque d'hypoglycémie pendant les premières heures après l'activité (30).

Actuellement, il n'y a aucune recommandation basée sur les preuves concernant la quantité et le moment de prendre des suppléments de glucides pour limiter les hypoglycémies pendant et après l'exercice.
La quantité totale de glucides nécessaire par exercice est évaluée par la dépense glucidique pour une activité donnée et la masse corporelle, elles seront développées plus précisément ci-après.

f) L'absorption de l'insuline : zone d'injection et température ambiante

Lorsque l'injection d'insuline est réalisée dans une zone sollicitée par l'activité physique, l'augmentation du flux sanguin dans les membres peut accélérer l'absorption et l'action métabolique de l'insuline (31).
Cela peut être particulièrement marqué si la zone d'injection est porteuse de lipodystrophie.
Ainsi, un cycliste peut avoir une réponse moins variable de la glycémie en choisissant d'injecter l'insuline dans les bras ou l'abdomen plutôt que dans la cuisse avant une course.

Une température élevée augmente l'absorption de l'insuline alors qu'une température basse la diminue (32).
Les effets sont moins prononcés avec des analogues rapides qu'avec les insulines ordinaires.
La chaleur ajoute aussi du stress sur le système cardiovasculaire, entraînant une dépense en énergie plus importante.

g) L'entrainement

Il existe peu de données sur l'effet de l'entrainement chez les patients diabétiques. Une étude canadienne publiée en 2016 a vérifié si 10 semaines d'entraînement aérobie peuvent atténuer la diminution rapide du glucose sanguin associée à l'exercice physique grâce à des modifications de la réponse hormonale glucorégulatrice ou à l'augmentation du stockage hépatique du glycogène chez un modèle de rat T1DM traité par insuline.

Les résultats montrent que même en présence d'un entraînement aérobie, il existe une diminution abrupte du glucose sanguin et une déficience en glycogène hépatique. La suractivité sympathique pourrait contribuer à une déficience du stockage hépatique du glycogène (33).

Cependant des patients rapportent souvent que la baisse de la glycémie peut être moins importante avec un entraînement et une pratique régulière du sport, bien qu'aucune preuve expérimentale n'ait testé cette hypothèse chez l'homme.

h) Le degré de stress ou la compétition

Le stress psychologique des compétitions est fréquemment associé à une augmentation du niveau de glycémie. La sécrétion de catécholamines et notamment d'adrénaline se produisant avant l'exercice lorsque le stress anticipatif est élevé ont un effet hyperglycémiant (16).

i) L'heure de l'activité physique

Trente minutes d'activité physique modérée à intense pratiquée en fin d'après-midi ou en début de soirée chez des adolescents augmente le risque d'hypoglycémie nocturne de 30% ainsi que d'hypoglycémie au réveil et ce dans les 32 heures suivant l'activité (34).

Alors qu'une activité physique pratiquée le matin, avant l'injection d'insuline, peut ne pas entraîner une hypoglycémie car les concentrations d'insuline sont basses et les hormones de la contre-régulation peuvent être élevées.

D) L'utilité d'une activité physique

Il a été établi de façon certaine que l'activité physique était bénéfique dans plusieurs domaines :

a) Diminution du risque cardio vasculaire

La démonstration de la diminution du risque cardiovasculaire a été faite depuis longtemps, une grande étude a mis en évidence que les hommes qui avaient participé à des sports d'équipe pendant leur études secondaires étaient trois fois moins susceptibles de déclarer des maladies macrovasculaires et avaient un taux de mortalité trois fois plus bas que les patients qui n'en pratiquait pas. L'étude a également démontré que les patients qui avaient participé à des sports d'équipe pendant leur jeunesse ont eu tendance à maintenir des niveaux plus élevés d'activité physique à l'âge adulte (35).

De plus, le suivi de patients diabétique de type 1 a montré que le niveau d'activité physique à l'âge adulte (mesurée à l'aide d'un questionnaire validé) prédisait la mortalité à 6 ans (36). Les hommes sédentaires étaient trois fois plus susceptibles de mourir que les hommes actifs, et un effet similaire a été vu chez les femmes mais de façon non significative.

b) Réduction des besoins en insuline

Il est clairement établi que la pratique d'activité physique réduit les besoins insuliniques par augmentation de la sensibilité à l'insuline : cette réduction peut aller jusqu'à 15 % de la dose quotidienne (37,38).

Dans une étude comparant les besoins en glucose pour maintenir l'euglycémie chez des adolescents diabétiques de type 1 au cours de l'exercice physique et au repos, la sensibilité à l'insuline est majorée pendant les 7 à 11 heures suivant l'exercice (39).

c) Amélioration du bilan lipidique

Des études portant sur des programmes d'exercices pouvant durer jusqu'à 4 mois, montrent un effet bénéfique sur les taux de lipides et ont montré des avantages similaires à ceux démontré chez les personnes non diabétiques, avec une augmentation du taux d'HDL-cholestérol de 8-30%, tout en diminuant le cholestérol LDL de 8-14% et triglycérides de 13-15% (1,37,40,41).

Plus précisément, il semble y avoir une réduction de l'apolipoprotéine B, qui est pro-athérogène et qui est associée au cours du diabète de type 1 à une mortalité prématurée (42).
L'activité physique augmente également les niveaux de l'anti-athérogène apolipoprotéine A-I (40).

Il existe un consensus général parmi les études pour dire que ces avantages sont indépendants des changements dans le contrôle de la glycémie et du poids et qu'ils sont plus prononcés chez ceux ayant un profil lipidique défavorable (2).

d) Diminution du risque de dépression

L'incidence du syndrome dépressif est trois fois plus élevée chez les diabétiques de type 1 en comparaison à la population générale.
L'activité physique est associée de façon significative à une meilleure qualité de vie et de bienêtre (43).
Une étude a en effet observé des augmentations comparables de BDNF (brain-derived neurotrophic factor : facteur neurotrophique effondré dans la dépression) et d'IGF-1 chez les patients diabétiques de type1 et les patients contrôles après un exercice intense, alors que les taux de base de ces hormones sont significativement plus bas chez les patients diabétiques. En conséquence, la répétition régulière de séances d'exercice physique intense s'avère être une stratégie prometteuse pour la santé cérébrale des patients diabétiques de type 1 (44).

e) Amélioration et maintien de l'endurance

L'activité physique permet d'améliorer l'endurance et la condition physique des patients, avec une majoration notamment de la VO2 max (37,40,45).

Il existe également des données incertaines, pour lesquelles la littérature ne permet pas d'établir un bénéfice formel de l'activité physique du fait d'un manque de preuve :

f) Equilibre métabolique

Certaines études, en particulier celles où la fréquence et l'intensité de l'activité physique étaient les plus élevées, montraient 0.4% à 0.9% de réduction absolue du niveau d'HbA1c chez les patients atteints de diabète de type 1 (1,5–7,38,46,47).
En revanche, une proportion importante des études expérimentales et quelques essais contrôlés randomisés ont montré peu d'effet de l'activité physique sur le taux d'HbA1c (2,8,9,45,48).
La disparité des résultats des essais peut être attribuée à l'hétérogénéité des participants au début de l'étude (âge, niveau d'HbA1c et durée du diabète), l'hétérogénéité du type d'intervention (la durée, la fréquence et l'intensité de l'activité physique) et un manque de puissance des études (49).

g) Diminution des complications microvasculaires

La présence de complications microvasculaires est associée à une activité physique réduite chez les patients diabétique de type 1 (50).
D'autre part, les patients plus actifs présentent moins fréquemment des complications micro vasculaires (1).
Cependant, la causalité n'a pas été démontrée, et cette association pourrait être expliquée par le fait que la présence des complications porte atteinte à la capacité d'entreprendre une activité physique. La meilleure preuve de l'effet protecteur de l'activité physique dans le diabète de type 1 provient d'une étude longitudinale de 628 adultes avec une longue durée

de diabète (66% des participants avec plus de 20 ans de diabète). Le niveau d'activité était inversement associé avec le risque de néphropathie et de neuropathie (51).

h) Aide à l'équilibre tensionnel

La preuve de l'avantage de l'activité physique sur la pression artérielle dans le diabète de type 1 est limitée. Deux études d'intervention ont détecté un avantage en ce qui concerne la pression artérielle systolique ou diastolique de 2 à 3 % (1,46) alors que deux autres n'ont pas montré de différences significatives (37,41).

i) Capital osseux

Deux études réalisées sur une trentaine de patients donnent des résultats controversés. Une étude analysant la densité minérale osseuse n'a pas mis en évidence de différence entre les patients diabétique de type 1 et les patients contrôles. De plus, l'activité physique ne semblait pas être liée statistiquement directement à la densité osseuse dans cette étude (52).

D'autre part, Maggio et al ont montré que l'activité physique de résistance (180 min par semaine, comprenant des jeux de ballon, des activités de saut, et de la gymnastique) améliore la densité minérale osseuse chez les enfants atteints de DT1, dans une ampleur similaire à des sujets sains. Ils concluent donc que les enfants atteints de DT1 devraient être encouragés à pratiquer une activité physique régulière pour améliorer la masse osseuse maximale et prévenir l'ostéoporose (53).

j) Composition corporelle

Le fait de pratiquer de l'activité physique est associé à une meilleure composition corporelle, avec un IMC meilleur et taux de masse grasse moindre (54). Cependant ces données dépendent évidemment des pratiques d'adaptation au cours de l'activité car la prise de glucides en grande quantité peut aller à l'encontre de la perte de poids.

E) Revue de la littérature : bases pratiques existantes

Les modifications spécifiques du traitement par insuline et de la consommation de glucides au cours de l'exercice physique dépendent d'un critère composite comprenant plusieurs facteurs : le type, la durée et l'intensité de l'exercice, la prise de glucides et le niveau d'entrainement du patient.

Comme il est actuellement impossible de prédire exactement la réduction de l'insuline nécessaire, les individus doivent utiliser leurs expériences individuelles antérieures comme ligne directrice et toujours avoir des glucides supplémentaires à disposition.

Bien que la réponse glycémique varie considérablement entre les patients, les variations de la glycémie au cours de l'exercice chez un même patient ont un certain degré de reproductibilité, à condition que les conditions de l'exercice, le traitement par insuline et l'alimentation soient concordants (55).

Alors qu'il n'existe pas de directives précises pour prévenir les fluctuations de la glycémie au cours de l'exercice, certaines stratégies générales existent.

Plusieurs études ont exploré différents types de stratégies afin de prévenir le risque d'hypoglycémie au cours du diabète de type 1.

Ces stratégies incluent soit :

a) La consommation de glucides :

Selon Ridell et al (16), un repas complet devrait être consommé 3 à 4 heures avant l'exercice et avant une compétition pour permettre la digestion et maximiser les réserves d'énergie endogène, en particulier pour les activités de longue durée.

Si une prise de glucides est nécessaire lors d'une activité de courte durée, il est préférable de consommer des glucides d'action rapide sous forme de boisson.

Une boisson isotonique contenant 6% de sucre simple (saccharose, fructose, glucose) est plus favorable pour une absorption optimale, contrairement à d'autres boissons plus concentrées à plus de 8% de glucose, pouvant provoquer des troubles gastriques.

Walsh et Roberts ont inventé le terme "ExCarb" pour représenter les hydrates de carbone supplémentaires nécessaires pendant un exercice physique (56).

Ces "ExCarbs" peuvent être estimés de 3 façons (57) :

1) Stratégie basique

Les recommandations générales sont de consommer 15 à 30 grammes de glucides toutes les 30 à 60 minutes pendant l'exercice (14).

En utilisant cette stratégie, il est important que le patient surveille sa glycémie capillaire au moins toutes les 30 min. Cette stratégie se limite à l'exercice d'intensité minime ou modérée, l'interprétation des glycémies capillaires a posteriori est nécessaire afin d'ajuster l'apport en glucides pour les futurs exercices prévus.

En outre, cette approche ne nécessite aucun ajustement de la posologie de l'insuline pour les repas ou bolus alimentaires ou de correction.

2) Méthode semi quantitative

L'estimation des besoins en hydrates de carbone peut être basée sur la masse corporelle (16). De façon générale, une activité intense au moment du pic d'activité de l'insuline est associée à l'élimination du glucose par le muscle approximativement à 1g/kg/h.

Étant donné que l'élimination du glucose dépend de l'intensité de l'exercice et de la concentration d'insuline active (ainsi que la durée de l'exercice, l'état de conditionnement physique du patient et l'état métabolique nutritionnel avant l'exercice), ce 1 g / kg / h est une approche conservatrice pour prévenir l'hypoglycémie lors d'un exercice d'intensité minime à modérée.

3) Méthode quantitative

Pour tenir compte des besoins en glucides lors de différents types d'exercices, des tables normalisées ont été conçues pour aider les patients à estimer les « ExCarbs » pour de nombreuses activités différentes avec des intensités variables en fonction du poids corporel.

Le tableau 2 propose une estimation des glucides utilisés en fonction de l'intensité de l'activité et du poids du patient (tiré de la référence 54)

Activity	Weight (mass in kg)		
	45 kg	68 kg	90 kg
Baseball	25	38	50
Basketball			
moderate	35	48	61
vigorous	59	88	117
Bicycling			
10 km/h	20	27	34
16 km/h	35	48	61
22 km/h	60	83	105
29 km/h	95	130	165
32 km/h	122	168	214
Dancing			
moderate	17	25	33
vigorous	28	43	57
Digging	45	65	83
Eating	6	8	10
Golf (with pull cart)	23	35	46
Handball	59	88	117
Jump rope (80/min)	73	109	145
Mopping	16	23	30
Mountain climbing	60	90	120

b) La diminution de la dose du bolus prandial avant ou après l'exercice

Tableau 3 : Etudes proposant des modifications du bolus d'insuline en % de la dose d'insuline, en fonction de l'intensité, la durée et du moment de l'activité physique.

	Intensité *(Vo2max)*	Durée *(Minutes)*	Délais entre le début de l'AP et le repas précédant *(Minutes)*	Délais entre la fin de l'AP et le repas suivant *(Minutes)*	Réduction de la dose du bolus *(%)*	
Rhabasaloret et al(58)	25	30	90		25%	
		60			50%	
	50	30	90		50%	
		60			75%	
	75	30	90		75%	
Perkins et al(57)			90		Quantité d'excarb soustrait à la dose d'insuline du bolus	
Campbell et al (59)	75	45	60	60	-75% pré exercice	-50% en post exercice

c) La modification du schéma basal pour les patients traités par pompe

Cette approche est à favoriser pour les activités physiques de haute intensité et ou de longue durée.

Les patients formés à l'insulinothérapie fonctionnelle peuvent diminuer leur basal afin de réaliser de l'exercice sans avoir besoin de consommer des glucides en quantité importante. Cette stratégie est plus apte à favoriser la perte de poids comme un avantage de l'exercice. Selon Perkins et al (57), la quantité de « ExCarb » estimée peut être traduite de grammes de glucides à des unités d'insuline par l'intermédiaire du rapport glucide sur insuline. Il suffit de diviser la quantité de glucide requise par le ratio d'insuline nécessaire au repas précédant.

Par exemple : si une activité physique requiert 48 g de glucides, et que le ratio pour le déjeuner est a 1 unité / 12 grammes de glucides, la quantité d'insuline à soustraire est de 48/12 = 4 unités.

Le pic d'action de l'insuline se situant 1 heure à 1heure 30 après l'injection, la diminution du basal devra être débutée 60 à 90 minutes avant le début de l'exercice. Il est conseillé de poursuivre la diminution du basal 90 minutes après l'arrêt de l'effort afin d'éviter les hypoglycémies tardives.

Il est généralement recommandé que les patients ne réduisent pas leur débit de base de plus de 50% lors de la première séance d'activité physique, les autres réductions de débit basal seront fondées sur l'expérience de l'auto-surveillance de la glycémie et de cétones lors de la précédente activité.

Tableau 4 : Autre pratique d'ajustement du débit basal d'insuline selon l'intensité et la durée d'activité physique

	Intensité *(V02 max)*	Durée de l'AP *(minutes)*	Délais entre repas précédant et AP *(heures)*	Ajustement Débit basal d'insuline (% réduction)
Franc et al (60)	50	30	3	80
	75	30	3	100

d) Ces stratégies peuvent être utilisées de façon combinée

Tableau 5 : Méthodes combinées de réduction d'insuline et de prise de glucides.

	Intensité	Durée	Heure du début de l'AP /repas précédant	Heure du repas suivant l'AP	réduction de la dose du bolus		Ajustement Débit basal d'insuline	Prise de glucides
	(V02 max)	*(minutes)*	*(minutes)*	*(minutes)*	*(%)*		*(% réduction)*	
					Repas précédant	Repas suivant		
Campbell et al (61)	70	45	60	60	-75 %	-50 %	-20%	0.4g/kg *
Franc et al (62)	Moderé Intense Intense	<60 <60 >60			-30% -50% -50%		-30% -50%	20g/h

* *4 heures après la fin de l'exercice*

Tableau 6 : Consommation de glucides et diminution du dosage d'insuline selon l'intensité et la durée de l'exercice (tiré de la référence (63)*)*

Table III
Extra CHO proposed for different physical activities depending on duration and intensity.

Intensity / Duration	< 20 minutes	20-60 minutes	> 60 minutes
< 60% of Maximal Heart Rate		15 g	30g/h
60 - 75%	15 g	30 g	75 g/h Insulin dosage – 20%
> 75%	30 g	75 g Insulin dosage 0 – 20%	100 g/h Insulin dosage – 30%

II) MATERIEL ET METHODES

A) Adaptation de l'insulinothérapie lors d'activité physique en pratique courante, Questionnaires de patients diabétiques experts

a) Design de l'étude

Etude descriptive transversale, monocentrique, dans le service de Diabétologie du CHU de Grenoble entre avril 2015 et mai 2016.

b) Population

Patients diabétiques de type 1 volontaires pour répondre à un questionnaire dirigé d'une durée de 40 minutes.

Une lettre explicative a été envoyée aux praticiens libéraux et hospitaliers de la région de Grenoble. Le statut de patient expert était laissé à l'appréciation du diabétologue.

Les critères d'inclusions comprennent :

Un diabète de type 1 sous pompe ou sous multi injections

Une durée de diabète supérieure à 2 ans.

La pratique d'une activité sportive hebdomadaire

Une HbA1c inférieure à 8%.

c) Recueil de données

Le recueil de données était réalisé par un questionnaire oral en consultation (annexes 1), pendant une quarantaine de minutes. Il a été établi en collaboration avec un professionnel de santé formé à l'éducation thérapeutique, permettant l'identification des besoins des patients, ceux-ci étant le prérequis indispensable à toute construction d'une offre éducative.

Il portait sur :

Les données concernant le diabète :

- Age, poids, taille, IMC, dose d'insuline UI/kg/jour , % basal, % bolus, HbA1c, nombre d'hypoglycémies mineures sur les 15 derniers jours, hypoglycémies sévères sur l'année écoulée, date de découverte du diabète, modalité de traitement.

Les données sur l'activité physique :

- Le type d'activité pratiquée, la fréquence, la durée.
- L'intensité évaluée par l'échelle modifiée de perception de l'effort selon Borg (annexe1). L'échelle de Borg ou la mesure de perception de l'effort (MPE) est une mesure quantitative de la perception de l'effort durant un exercice physique. La mesure est une cote sur une échelle de 0 à 10 rattachée à différents mots d'appréciation : effort « très léger, difficile, pénible… ». Cette mesure globale, basée sur les sensations physiques et psychiques de la personne, tient compte de la condition physique, des conditions environnementales et du niveau de fatigue générale.
- La surveillance glycémique
- Les modifications du traitement insulinique
- La prise de glucides
- La conduite à tenir en cas d'hypoglycémie avant, pendant, et après l'AP
- La conduite à tenir en cas d'hyperglycémie avant, pendant, et après l'AP
- Les facteurs limitants, effet bénéfiques, besoin d'aide pour la pratique d'AP
- Les difficultés rencontrées, manière de juger de l'efficacité des mesures adaptatives, attente vis-à-vis de la recherche, message à transmettre concernant le sport.

III) RESULTATS

A) Adaptation de l'insulinothérapie en pratique courante lors d'activité sportive : l'expérience de 15 patients « experts »

a) caractéristiques générales des patients analysés

Quinze patients diabétiques de type 1 âgés de 19 à 71 ans ont été interrogés entre mai 2015 et mai 2016 au CHU de Grenoble. La durée d'évolution du diabète variait de 6 à 40 années et l'HbA1c de 5.3 à 8%.

Les caractéristiques générales des patients sont résumées dans le *tableau 7*.

La fréquence des hypoglycémies mineures était pour la plupart des patients inférieure ou égale à 6 hypoglycémies / mois sauf pour 3 patients dont 2 présentaient 30 hypoglycémies / mois et un autre patient présentait 10 hypoglycémies mineures par mois.

Un seul patient a présenté une hypoglycémie sévère au cours de son existence et celle-ci n'avait pas eu lieu pendant la pratique d'activité sportive.

Tableau 7 : caractéristiques générales des patients analysés

		N =15
Age	années	37 (14)
Sexe ratio	H/F	11/4
Traitement par pompe	n, (%)	10 (67%)
Age au diagnostic	années	16.8 (10.3)
Durée du diabète	années	19.6 (11.8)
HbA1c moyenne	%	7.04 (0.8)
Hypoglycémie mineure	Fréquence/ mois	8.6 (9.7)
Dose quotidienne d'insuline	UI/kg/j	0.59 (0.1)
Ratio basal/bolus	%	44.5 (8.9)
IMC	kg/m²	25 (3.4)

Résultats exprimés en moyenne (écart-type)

b) Type d'activités pratiquées

Les activités pratiquées par les patients experts sont classées en trois catégories selon la classification de l'American Collège of Cardiology (20):

Les exercices d'endurance pratiqués par les patients experts comprennent la randonnée, la natation, la course à pied, le vélo de route, le VTT, le ski de randonnée, le football, le tennis et l'alpinisme. Les exercices de résistance comprennent le fitness, le squash, la musculation, le judo, la gymnastique et l'escalade. Les exercices mixtes sont représentés par le ski de piste, la danse de salon, le rugby et le volley-ball. Les patients experts pratiquent de 2 à 6 activités par semaine. Le *tableau 8* résume les fréquences, durée et intensité des activités pratiquées par les patients experts.

Cinq patients ont déclaré avoir des limitations dans la pratique de certains sports : quatre ont évoqué la plongée sous-marine, du fait de l'impossibilité d'ingérer un apport glucidique en cas d'hypoglycémie, et un patient la course de longue distance du fait de son absence d'expérience dans ce domaine.

Tableau 8 : type d'activités pratiquées

Type d'activité,	Endurance pure :	Résistance pure :	Mixte :	Total
N	25	9	9	43
Fréquence (/semaine)	2.2 (2.2)	2.5 (1.5)	1.3 (0.7)	2
Durée (heure)	2.2 (1. 7)	1.9 (0.8)	2.8(2)	2.3
Intensité (selon échelle de Borg)	6.5 (1.5)	6 (1.1)	4.3 (1.8)	5.6

Résultats exprimés en moyenne (écart-type)

c) Effets bénéfiques de l'activité physique

Quatre-vingt-six pourcent des patients ressentaient un bien-être physique et mental lié à la pratique d'activité physique.

La moitié des patients, soit 7 sur les 15 ont répondu que l'activité physique leur procurait une stabilité glycémique et un effet métabolique global.

Trois d'entre eux ressentaient un effet sur le poids et un patient une diminution de la satiété.

d) Surveillance glycémique et adaptation de l'insulinothérapie

La surveillance glycémique était pratiquée dans 80% des cas avant l'activité pour les patients traités par multi injection contre 60 % pour les patients traités par pompe.

Une seule patiente réalisait une surveillance glycémique régulière (en dehors de toute sensation d'hypoglycémie ou d'hyperglycémie) pendant l'activité physique.

La surveillance glycémique après l'effort était réalisée dans 60 % des cas pour les patients traités par multi injection et 74 % pour les patients traités par pompe.

Aucuns des patients experts ne recherchaient l'acétonurie ou l'acétonémie si la glycémie dépassait les 2.5 g/l avant ou après l'activité physique.

Sous traitement par multi injection, les patients modifiaient leur bolus pré-activité dans 60 % des cas et 80% pour le bolus du repas suivant l'activité.

Sous traitement par pompe, le débit basal de la pompe était modifié dans 86 % des cas, les bolus du repas précédant l'activité dans 18% des cas et les bolus suivant l'activité dans 11% des cas.

La plage de glycémie idéale pour débuter une activité physique se situait entre 1g/l et 1.5 g/l pour 8 patients. Trois patients préféraient débuter leur activité physique entre 1.5 et 2 g/l et 3 autres avec une glycémie >2g/l. Un seul patient trouvait idéal de débuter son activité physique avec une glycémie < 1g/l.

1) Patients traités par Multi injections

Le questionnaire a mis en évidence trois grands types d'adaptation de l'insulinothérapie chez les patients experts :

1.1) Diminution de la lantus de 10 % le soir suivant l'effort pour des activités d'endurance soutenue (type football, tennis et running) avec une intensité supérieur ou égale à 7 selon l'échelle de Borg.

1.2) Diminution du bolus repas avant l'effort de 20% pour une intensité à 5 sur l'échelle de Borg à 50 % pour une intensité à 7, associé à une prise de glucides de 15 grammes avant l'effort.

1.3) Pour des efforts intenses, diminution du bolus repas après l'effort de 50%, associée à une prise de glucides allant de 15 g/3 heures pour du ski de piste intensité à 7, à 65g/ 30 minutes pour alpinisme intensité à 10 selon l'échelle de Borg.

Aucun patient n'agissait sur les bolus pré et post activité en même temps.
Un seul patient associait la diminution de la lantus, la diminution du bolus et la prise de glucides pour une activité de course à pied soutenue avec une intensité à 7.

Le détail des adaptations de l'insulinothérapie des patients traités par multi injections est exposée dans le *tableau 9.*

Tableau 9 : Détails de l'adaptation de l'insulinothérapie des patients experts traités par multi injections

	Nombre D'activité pratiquées	Type d'activité	Fréquence / semaine	Durée heure	Intensité	BOLUS REPAS		PRISE DE GLUCIDES			BASAL
						Avant	Après	Avant	Pendant	Après	
Patient 1	4	Randonnée Natation	1 3	4 1.5	x 7	-50%	-20% -20%		15 g/3H		
		Ski de piste Parapente	1 1	6 variable	X x				15 g/3H		
Patient 2	2	Football Tennis	1 1	1.5 1.5	7 7						-10%
Patient 3	3	Natation	1	1	1	-20%		15 g			
		Fitness	2	2	6			15 g			
		Danse de salon	1	1	4.5	-20%					
Patient 4	2	Running	3	1	6	-33%	-40%	20g			-10%
		Judo	2	1.5	6	-33%	-40%				
Patient 5	2	Escalade / alpinisme	6	3	5		-50%		60g/30min		

: Activité d'endurance

: Activité de résistance

: Activité mixte

2) Patients traités par pompe à insuline

2.1) *Pour les exercices de résistance* : (judo, gymnastique, squash, escalade, fitness)

Deux grands types d'adaptation sont mis en évidence :

- Arrêt de pompe au début de l'activité sportive ou diminution du basal de 75 % associé soit à diminution du bolus du repas précédant l'activité de 60%, soit à une prise de glucides de 15 grammes en moyenne.

- Prise de glucides de 10 grammes pour des activités de type fitness ou diminution de 20% du bolus suivant l'activité.

Dans tous les cas, pas de correction par un bolus en cas d'hyperglycémie suivant l'exercice.

2.2) *Pour les exercices d'endurance* : (ski de fond, vélo de route, footing, natation, ski de randonnée, tennis, VTT)

- Débit temporaire avec diminution de 30% (pour une intensité inférieure à 5 sur l'échelle de Borg) à 75% voire 100% du débit de base (pour une intensité supérieure ou égale à 6 sur l'échelle de Borg).

- S'y associe une consommation de glucides de 15 grammes avant l'activité puis 15 grammes toutes les heures pour les intensités supérieures à 7.

2.3) *Pour les exercices mixtes* : (Danse, volley, ski de piste, rugby)

- Arrêt et retrait de la pompe au début de l'activité

- Et/ou prise de glucides : 15 grammes avant de débuter si la glycémie est <1.8 g/l.

Le détail des adaptations de l'insulinothérapie des patients traités par pompe à insuline est exposé dans le *tableau 10.*

Tableau 10 : Détails de l'adaptation de l'insulinothérapie des patients experts traités par pompe à insuline

	Nombre d'activité pratiquées	Type d'activité	Fréquence / semaine	Durée heure	Intensité	BOLUS REPAS		PRISE DE GLUCIDES			BASAL
						Avant	Après	Avant	Pendant	Après	
Patient 6	3	Ski de fond Vélo de route Course à pied	3 3 3	2 4 1	7 7 7		+30%	15 g		15 g	-90% sur 3heures -15% sur 2 heures après effort Arrêt de pompe
Patient 7	6	Course a pied	1	1	x			10g			Arrêt de pompe
		Judo Gymnastique Musculation	3 1 1	1.5 2 1	6 4 7			20g		30g	Arrêt de pompe Arrêt de pompe Arrêt de pompe
		Danse Volley ball	1 1	2 2	3 4						Arrêt de pompe Arrêt de pompe
Patient 8	3	VTT Randonnée	8 0.5	1 4	6 x			20 g	15g/3h		-80%
		Ski de piste	1	6	6			15g			
Patient 9	3	VTT	0.5	0.5	5			10g			-30%
		Fitness	3	2	6			10g			
		Danse	1	1.5	6			10g			
Patient 10	2	Ski de randonnée Natation	2 1	6 1	8.5	-50% -50%		15g	15g		Arrêt de pompe Arrêt de pompe
Patient 11	2	Course à pied	2.5	1	6.5			25g			Arrêt de pompe
		Squash	2.5	0.75	8		-20%				
Patient 12	2	Ski de randonnée	0.5	6	7.5				15g		-80%
		Ski de piste	1	6	7.5						-80%

Patient 13	4	Tennis Football Vélo de route	1 1 1	1 0.5 1.5	5.5 5.5 3.5			15g			-50% -50% -50%
		Ski de piste	1	5	8			15g	15g		-80%
Patient 14	1	Rugby	2	3	8			15g	15g		Arrêt de pompe
Patient 15	2	VTT Vélo de route	2 2	3 5	7 7	-66% -66%		30g	15g/h 8g/30min		-75% -75%
		Escalade	3	3	6.5	-66%	-50%	30g			-75%

: Activité d'endurance

: Activité de résistance

: Activité mixte

e) Difficultés rencontrées et besoin d'aide pour gérer la pratique d'activité sportive

Quatre grands thèmes sont ressortis concernant les difficultés liées à la pratique d'une activité physique avec un diabète de type 1.

Pour 5 patients, le plus gros obstacle à l'activité physique était la peur de l'hypoglycémie, du fait d'une dangerosité potentielle et d'un arrêt prématuré de l'effort. Cet obstacle était décrit pour le patient lui-même ainsi que pour son entourage.

Pour 4 patients, la principale difficulté était de toujours avoir les soucis de son diabète, de devoir réaliser des glycémies capillaires et de ne pas pouvoir se consacrer totalement à l'effort.

Pour 2 patients, la difficulté était liée au resucrage, au fait de toujours avoir sur soi des glucides, et de les consommer durant l'activité, chose parfois difficile dans certaines conditions (ski de randonnée, escalade).

Deux autres patients ont évoqué la difficulté de porter la pompe à insuline durant l'activité physique.

Un seul patient ne voyait aucune difficulté à pratiquer le sport avec son diabète.

Cinq patients ont déclaré ressentir un besoin d'aide pour gérer leurs activités physiques et sportives : un nécessitait le besoin de conseils médicaux pratiques, un autre patient avait besoin d'aide pour quantifier l'intensité de l'effort, une patiente avait besoin de l'aide de son conjoint pour la surveillance glycémique et le resucrage, un patient évoquait le besoin d'aide pour gérer les efforts de longue durée et un autre pour gérer les retraits de pompes pour les matchs de rugby.

Quatre de ces cinq patients étaient les mêmes que ceux qui n'avaient pas osé pratiquer la plongée sous-marine.

f) Critère de jugement d'une activité physique bien conduite

Pour 9 des 15 patients, la satisfaction d'avoir réalisé des mesures adaptatives adéquates passait par le fait de n'avoir présenté ni hypoglycémie, ni hyperglycémie pendant et après l'activité physique.

Pour 4 d'entre eux, l'absence d'hypoglycémie était le critère de jugement principal.

Et pour les 2 autres, c'était l'absence d'hyperglycémie pendant et après l'activité qui importait le plus.

g) Attente vis à vis de la recherche pour faciliter la conduite d'une activité physique

Les principales attentes des patients concernaient le remboursement des capteurs de glycémie interstitielle miniaturisés (pour 8 d'entre eux).

Les pompes à insuline autonomes couplées aux capteurs de glycémie (pancréas artificiel) permettraient pour 8 d'entre eux de s'affranchir d'un bon nombre de contrainte.

Et pour deux patients, la découverte d'une insuline ultra rapide pourrait être la solution pour faciliter l'activité physique dans le diabète de type 1.

B) Guide Pratique d'Adaptation de l'insuline lors de l'activité physique

Le guide pratique a été établi en prenant compte d'une part de l'expérience des 15 patients experts analysés et d'autre part des données de la littérature.

Il permet aux patients d'avoir une base de départ pour l'adaptation de l'insulinothérapie lors de l'activité sportive mais ne se substitue en aucun cas aux conseils personnalisés de son diabétologue et à l'expérience personnelle du patient.

Il est destiné aux patients chez qui un diabète de type 1 a été découvert récemment (après la période de lune de miel) qui souhaite continuer ou débuter une activité physique et sportive ainsi qu'à tout patient diabétique de type 1 souhaitant reprendre une activité physique.

Des ajustements du traitement devront être effectués par le patient aidé de son diabétologue au fur et à mesure des expériences pratiquées.

Les modifications thérapeutiques à réaliser sont déclinées en fonction du moment de l'activité physique par rapport au repas précédant, au type de traitement et à l'intensité de l'activité physique évaluée par le patient selon l'échelle modifiée de Borg (annexe 1).

Les items inscrits en bleu correspondent aux activités physiques d'endurance, les items rouges aux activités physiques de résistance.

A. Activité d'endurance : (Footing, vélo de route, VTT, natation, randonnée, ski de randonnée)

B. Activité de résistance : (fitness, tennis, squatch, judo)

<table>
<tr><td>Moment de l'activité Physique</td><td colspan="2"><u>Dans les 2 heures qui suivent une injection d'insuline rapide</u></td><td colspan="2"><u>Après les 2 heures qui suivent l'injection d'insuline rapide</u></td></tr>
<tr><td>Type de traitement</td><td>Injection</td><td>Pompe</td><td>Injection</td><td>Pompe</td></tr>
<tr><td>Avant l'activité</td><td colspan="2">diminuer la dose d'insuline rapide lors du repas précédant l'activité :
si intensité >6 : de 50 %
si intensité < 6 : de 30 %</td><td colspan="2">contrôler la glycémie capillaire avant l'activité physique
(30 minutes avant si possible)
+ prendre une collation en fonction de la glycémie
Si glycémie < 1 g/l : 30 g de glucose
Si glycémie entre 1 et 2 g/l : 15 de glucose
Si glycémie > 2.5 g/l : ne pas démarrer l'activité, vérifier acétonurie</td></tr>
<tr><td>Pendant</td><td>+ Si activité longue (+2h) :
Intensité < 6 : 15 g de glucides/2 h
Intensité > 6 : 15 g de glucides/ h</td><td>Ou
Diminuer le basal
Si possible 30 minutes avant et pendant l'AP :
Intensité >6 : de 80 % à 100 %
Attention : ne pas rester débranché plus de 2 heures
Intensité <6 : de 30 % à 80%
+ Si activité longue (+2h) :
Intensité < 6 : 15 g de glucides/2 h
Intensité > 6 : 15 g de glucides/ h</td><td>Diminuer le bolus du repas suivant de 30 %
et
Pour intensité> 7 :
Diminuer la lantus de 10 %
le soir même
+ Si activité longue (+2h) :
Intensité < 6 : 15 g de glucides/2 h
Intensité > 6 : 15 g de glucides/ h</td><td>Diminuer le bolus du repas suivant de 30 %
et Diminuer le basal
Si possible 30 minutes avant et pendant l'activité:
Intensité >6 : de 80 % à 100 %
Attention : ne pas rester débrancher plus de 2 heures
Intensité <6 : de 30 à 80 %
+ Si activité longue (+2h) :
Intensité < 6 : 15 g de glucides/2 h
Intensité > 6 : 15 g de glucides/ h</td></tr>
<tr><td>Apres l'activité</td><td colspan="4">Contrôler la glycémie capillaire :
Si hypoglycémie : ressucrage habituel + 15 g de glucides
Si hyperglycémie : correction de l'hyperglycémie à partir de 2 grammes, avec un bolus habituel divisé par 2
Si hyperglycémie < 2.5 g/l : ne pas corriger l'hyperglycémie de suite
Si hyperglycémie > 2.5 g/l : corriger l'hyperglycémie par un bolus habituel divisé par 2 et vérifier acétonurie</td></tr>
</table>

IV) DISCUSSION

A) Avantages et limites de l'étude

a) Liés à l'enquêteur

Les entretiens ont été réalisés par une seule et même personne qui travaille dans le service de diabétologie du CHU de Grenoble.

Le statut (interne en Médecine) a pu influencer les patients à évoquer des conduites à tenir particulières notamment de sécurité lors de l'activité physique ou au contraire de les minimiser étant interrogés en tant qu'expert.

Cependant la méthodologie d'entretien semi-directif a pour objectif d'explorer les différentes dimensions de la personne et les techniques d'écoute active utilisées permettent de diminuer ce risque d'influence.

b) liés à l'échantillonnage

Les patients interrogés sont tous des patients diabétiques de type 1, le statut « d'expert » a été laissé à l'appréciation des diabétologues sollicités.

Le choix d'exclure les patients ayant un équilibre métabolique médiocre repose sur l'hypothèse que ces patients experts dans l'activité sportive gèrent leur diabète de manière optimale au quotidien.

Les patients étaient suivis pour la grande majorité par des diabétologues du CHU de Grenoble (12/15), ce qui peut influencer leur conduite à tenir lors des activités sportives, chaque praticien ayant sa propre expérience et ses propres conseils spécifiques pour leurs patients.

Le faible nombre de patient n'est probablement pas assez représentatif des pratiques générales durant l'activité physique, cependant c'était un choix volontaire de se baser sur un petit nombre de patients considérés comme experts.

c) Intérêt du guide pratique

Cinq des patients experts ont déclaré avoir besoin d'une aide pour la réalisation de leur activité physique, tandis que 14 d'entre eux rencontrent toujours des difficultés lors de leur pratique malgré le fait qu'ils se considèrent comme très expérimentés dans leur domaine.

Ces données reflètent bien la difficulté de la gestion de l'adaptation insulinique au cours de l'exercice physique et ce même chez les patients les plus expérimentés, elles sont en adéquation avec les données de la littérature qui démontre la même problématique dans la population générale des patients diabétiques (10).

Il apparait donc indispensable d'offrir un outil pour les patients afin d'acquérir et maintenir des compétences en tenant compte de leur expérience et de leur gestion du diabète.

Ce guide pratique est destiné à renforcer les compétences d'adaptation des patients et notamment prendre des décisions initiales, il permet de donner une base de départ sur les modifications thérapeutiques à réaliser et nécessite l'implication du patient pour les ajustements ultérieurs.

B) Perspective d'évolution dans la prise en charge du diabète de type 1 au cours de l'activité sportive

L'attente des patients vis-à-vis de la recherche était tournée vers les nouvelles technologies comprenant les capteurs de glycémie interstitielle connectés à des pompes à insuline autonome : le pancréas artificiel.

Des progrès significatifs ont été accomplis dans le domaine du pancréas artificiel conduisant récemment à la réussite de son utilisation à long terme en vie réelle.
Il a récemment été montré dans un essai multicentrique randomisé que, pour les personnes atteintes de DT1, le contrôle du glucose pourrait être amélioré lors de l'utilisation d'un pancréas artificiel pendant 12 semaines dans des conditions de vie libre par rapport à la pompe associée à un capteur de glycémie (64).
Kropff et al. ont publié les résultats d'une étude à long terme montrant que lorsque les patients atteints de DT1 utilisaient un pancréas artificiel en période vespérale et lors du sommeil, le temps passé en euglycémie était augmenté et l'HbA1c baissait légèrement par rapport aux participants utilisant un capteur de glycémie 24 heures par jour (65).

Le pancréas artificiel bi-hormonal délivrant du glucagon ainsi que de l'insuline a également montré des résultats encourageant, en particulier pour aider à prévenir l'hypoglycémie (66).
Plusieurs études ont été publiées sur le sujet du pancréas artificiel et l'activité physique (67–70) et montrent des résultats prometteurs dans la réduction du risque hypoglycémique.

Ce guide pratique participe donc de la mise au point d'un pancréas artificiel, tout comme l' étude française « Diabrasport2 » actuellement en cours, qui vise à tester des algorithmes dans la vie quotidienne et vérifier qu'ils permettent aux patients DT1, en cas d'activité physique, de réduire l'incidence des hypoglycémies au niveau de celle des jours de repos sans avoir à augmenter leur consommation de glucides, et obtenir un meilleur résultat glycémique que leur méthode empirique habituelle. Les conclusions de cette étude permettront certainement d'améliorer la prise en charge des patients diabétiques de type 1 pour la réalisation d'activité physique.

Il reste cependant de grandes difficultés concernant la mise au point du pancréas artificiel dans la gestion du sport, qui tiennent de plusieurs facteurs : d'une part une certaine ignorance de la physiologie, d'autre part au mode de délivrance de l'insuline en sous-cutanée, avec l'inertie qui en découle, et à la pharmacocinétique imparfaite des analogues rapides actuellement disponibles, et enfin l'absence d'un réel "capteur" permettant de quantifier en temps réel le niveau de la dépense.

Seule la recherche clinique testant de nouveaux algorithmes permettra de faire avancer les choses, y compris avec un pancréas artificiel.

THESE SOUTENUE PAR : Marie BARTHOD

TITRE : Quelles sont les pratiques d'adaptation de l'insulinothérapie et des apports glucidiques chez les patients diabétiques de type 1 au cours de l'activité sportive ?

CONCLUSION

L'activité physique pour les personnes vivant avec un diabète de type 1 (DT1) est associée à un grand nombre d'avantages pour la santé. Malgré cela, la plupart des adultes DT1 pratiquent moins souvent de l'activité physique que leurs homologues non diabétiques, la barrière absolue semblant être la peur de l'hypoglycémie sévère, associée à un manque de connaissance des stratégies efficaces pour éviter l'hypoglycémie.

L'objectif de ce travail est d'évaluer les stratégies d'adaptation de l'insulinothérapie chez des patients sportifs expérimentés et d'établir un outil pédagogique destiné à aider les personnes atteintes de DT1 à devenir et rester physiquement actives afin de réduire l'impact négatif du diabète sur leur santé.

Des entretiens semi dirigés ont donc été réalisés chez 15 patients experts, au CHU de Grenoble, afin de connaitre les modalités d'adaptation de l'insulinothérapie.

Les résultats montrent que les pratiques d'adaptation sont très diversifiées, les patients traités par multi injection effectuent soit une diminution de la Lantus de 10 % le soir suivant l'effort pour des activités d'endurance soutenue d'intensité supérieure ou égale à 7 selon l'échelle de Borg, soit une diminution du bolus repas avant l'effort de 20% pour une intensité à 5 sur l'échelle de Borg à 50 % pour une intensité à 7, associé à une prise de glucides de 15 grammes avant l'effort.

Les patients traités par pompe à insuline effectuent, pour les activités de résistance, des arrêts de pompe au début de l'activité sportive ou une diminution du basal de 75

% avec soit une diminution du bolus du repas précédant l'activité de 60% soit la prise de 15 grammes de glucides en moyenne.
Pour les activités d'endurance, ils instaurent un débit temporaire avec diminution de 30% (pour une intensité inférieure à 5 sur l'échelle de Borg) à 75% voire 100% du débit de base (pour une intensité supérieure ou égale à 6 sur l'échelle de Borg).
S'y associe une consommation de glucides de 15 grammes avant l'activité puis 15 grammes toutes les heures pour les intensités supérieures à 7.
Pour les exercices mixtes, un arrêt de la pompe au début de l'activité associé à une prise de glucides 15 grammes avant de débuter si la glycémie est <1.8 g/l est effectué.

Ces résultats associés aux données de la littérature ont permis de faire des propositions d'adaptation de l'insulinothérapie et de la prise de glucides sous la forme d'un guide pratique.
Il est destiné aux patients diabétiques de type 1 souhaitant débuter ou poursuivre une activité physique après la découverte ou au cours de leur maladie chronique.
Il s'agit d'un outil pour les patients permettant d'acquérir et maintenir des compétences en tenant compte de leur expérience et de leur gestion du diabète, il participe de la mise au point d'un pancréas artificiel dans l'attente de son développement et sa généralisation.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Grenoble, le 15/09/2016

LE DOYEN

PROFESSEUR J.P. ROMANET

Pour la Présidente
et par délégation
Le Doyen de Médecine
Pr. Jean-Paul ROMANET

LE PRESIDENT DE LA THESE

PROFESSEUR O. CHABRE

Pr O. CHABRE
CHU de Grenoble - CS10217
2e étage - Pav les Ecrins
4 rue du Musée
38043 GRENOBLE CEDEX 9
Tél : 04.76.76.56.80

VI) BIBLIOGRAPHIE

1. Bohn B, Herbst A, Pfeifer M, Krakow D, Zimny S, Kopp F, et al. Impact of Physical Activity on Glycemic Control and Prevalence of Cardiovascular Risk Factors in Adults With Type 1 Diabetes: A Cross-sectional Multicenter Study of 18,028 Patients. Diabetes Care 2015;38(8):1536-43.

2. Chimen M, Kennedy A, Nirantharakumar K, Pang TT, Andrews R, Narendran P. What are the health benefits of physical activity in type 1 diabetes mellitus? A literature review. Diabetologia 2012;55(3):542-51.

3. Brazeau A-S, Rabasa-Lhoret R, Strychar I, Mircescu H. Barriers to Physical Activity Among Patients With Type 1 Diabetes. Diabetes Care 2008;31(11):2108-9.

4. Association AD. 3. Foundations of Care and Comprehensive Medical Evaluation. Diabetes Care 2016;39(Supplement 1):S23-35.

5. Carral F, Gutiérrez JV, Ayala M del C, García G, Aguilar M. Intense physical activity is associated with better metabolic control in patients with type 1 diabetes. Diabetes Res Clin Pract 2013;101(1):45-9.

6. Yardley JE, Hay J, Abou-Setta AM, Marks SD, McGavock J. A systematic review and meta-analysis of exercise interventions in adults with type 1 diabetes. Diabetes Res Clin Pract 2014;106(3):393-400.

7. MacMillan F, Kirk A, Mutrie N, Matthews L, Robertson K, Saunders DH. A systematic review of physical activity and sedentary behavior intervention studies in youth with type 1 diabetes: study characteristics, intervention design, and efficacy: Physical activity and type 1 diabetes. Pediatr Diabetes 2014;15(3):175-89.

8. Kennedy A, Nirantharakumar K, Chimen M, Pang TT, Hemming K, Andrews RC, et al. Does Exercise Improve Glycaemic Control in Type 1 Diabetes? A Systematic Review and Meta-Analysis. Vergani A, éditeur. PLoS ONE 2013;8(3):e58861.

9. Lukács A, Barkai L. Effect of aerobic and anaerobic exercises on glycemic control in type 1 diabetic youths. World J Diabetes 2015;6(3):534-42.

10. Pinsker JE, Kraus A, Gianferante D, Schoenberg BE, Singh SK, Ortiz H, et al. Techniques for Exercise Preparation and Management in Adults with Type 1 Diabetes. Can J Diabetes 2016;

11. Camacho RC, Galassetti P, Davis SN, Wasserman DH. Glucoregulation during and after exercise in health and insulin-dependent diabetes. Exerc Sport Sci Rev 2005;33(1):17-23.

12. PETERSEN KF, PRICE TB, BERGERON R. Regulation of Net Hepatic Glycogenolysis and Gluconeogenesis during Exercise: Impact of Type 1 Diabetes. J Clin Endocrinol Metab 2004;89(9):4656-64.

13. Purdon C, Brousson M, Nyveen SL, Miles PD, Halter JB, Vranic M, et al. The roles of insulin and catecholamines in the glucoregulatory response during intense exercise and early recovery in insulin-dependent diabetic and control subjects. J Clin Endocrinol Metab 1993;76(3):566-573.

14. Wasserman DH, Zinman B. Exercise in individuals with IDDM. Diabetes Care 1994;17(8):924-937.

15. McAuley SA, Horsburgh JC, Ward GM, La Gerche A, Gooley JL, Jenkins AJ, et al. Insulin pump basal adjustment for exercise in type 1 diabetes: a randomised crossover study. Diabetologia 2016;

16. Riddell MC, Iscoe KE. Physical activity, sport, and pediatric diabetes. Pediatr Diabetes. 2006;7(1):60–70.

17. Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, Riddell MC, Balaa N, Malcolm J, et al. Resistance Versus Aerobic Exercise: Acute effects on glycemia in type 1 diabetes. Diabetes Care 2013;36(3):537-542.

18. Yardley JE, Sigal RJ, Perkins BA, Riddell MC, Kenny GP. Resistance Exercise in Type 1 Diabetes. Can J Diabetes 2013;37(6):420-426.

19. Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, Riddell MC, Malcolm J, Boulay P, et al. Effects of Performing Resistance Exercise Before Versus After Aerobic Exercise on Glycemia in Type 1 Diabetes. Diabetes Care 2012;35(4):669:75.

20. Mitchell JH, Haskell W, Snell P, Van Camp SP. Task Force 8: classification of sports. J Am Coll Cardiol. 2005;45(8):1364–1367.

21. Wen CP, Wai JPM, Tsai MK, Yang YC, Cheng TYD, Lee M-C, et al. Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: a prospective cohort study. The Lancet. 2011;378(9798):1244–1253.

22. Guelfi KJ, Jones TW, Fournier PA. The decline in blood glucose levels is less with intermittent high-intensity compared with moderate exercise in individuals with type 1 diabetes. Diabetes Care. 2005;28(6):1289–1294.

23. Iscoe KE, Riddell MC. Continuous moderate-intensity exercise with or without intermittent high-intensity work: effects on acute and late glycaemia in athletes with Type 1 diabetes mellitus: Continuous vs. intermittent exercise and glycaemia. Diabet Med 2011;28(7):824-832.

24. Bally L, Zueger T, Buehler T, Dokumaci AS, Speck C, Pasi N, et al. Metabolic and hormonal response to intermittent high-intensity and continuous moderate intensity exercise in individuals with type 1 diabetes: a randomised crossover study. Diabetologia 2016;59(4):776-84.

25. Riddell MC, Bar-Or O, Gerstein HC, Heigenhauser GJ. Perceived exertion with glucose ingestion in adolescent males with IDDM. Med Sci Sports Exerc 2000;32(1):167-173.

26. Komatsu WR, Gabbay MAL, Castro ML, Saraiva GL, Chacra AR, de Barros Neto TL, et al. Aerobic exercise capacity in normal adolescents and those with type 1 diabetes mellitus. Pediatr Diabetes 2005;6(3):145-149.

27. Bao S, Briscoe VJ, Tate DB, Davis SN. Effects of Differing Antecedent Increases of Plasma Cortisol on Counterregulatory Responses During Subsequent Exercise in Type 1 Diabetes. Diabetes. 2009;58(9):2100-2108.

28. Heinemann L, Weyer C, Rauhaus M, Heinrichs S, Heise T. Variability of the metabolic effect of soluble insulin and the rapid-acting insulin analog insulin aspart. Diabetes Care 1998;21(11):1910-1914.

29. Arutchelvam V, Heise T, Dellweg S, Elbroend B, Minns I, Home PD. Plasma glucose and hypoglycaemia following exercise in people with Type 1 diabetes: a comparison of three basal insulins. Diabet Med J Br Diabet Assoc 2009;26(10):1027-1032.

30. Hernandez JM, Moccia T, Fluckey JD, Ulbrecht JS, Farrell PA. Fluid snacks to help persons with type 1 diabetes avoid late onset postexercise hypoglycemia. Med Sci Sports Exerc 2000;32(5):904-910.

31. Frid A, Ostman J, Linde B. Hypoglycemia risk during exercise after intramuscular injection of insulin in thigh in IDDM. Diabetes Care 1990;13(5):473-477.

32. Hildebrandt P. Subcutaneous absorption of insulin in insulin-dependent diabetic patients. Influence of species, physico-chemical properties of insulin and physiological factors. Dan Med Bull 1991;38(4):337-346.

33. McDonald MW, Murray MR, Grise KN, Olver TD, Dey A, Shoemaker JK, et al. The glucoregulatory response to high-intensity aerobic exercise following training in rats with insulin-treated type 1 diabetes mellitus. Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab 2016;1-9.

34. Metcalf KM, Singhvi A, Tsalikian E, Tansey MJ, Zimmerman MB, Esliger DW, et al. Effects of Moderate-to-Vigorous Intensity Physical Activity on Overnight and Next-Day Hypoglycemia in Active Adolescents With Type 1 Diabetes. Diabetes Care 2014;37(5):1272-1278.

35. LaPorte RE, Dorman JS, Tajima N, Cruickshanks KJ, Orchard TJ, Cavender DE, et al. Pittsburgh Insulin-Dependent Diabetes Mellitus Morbidity and Mortality Study: physical activity and diabetic complications. Pediatrics 1986;78(6):1027-1033.

36. Moy CS, Songer TJ, LaPorte RE, Dorman JS, Kriska AM, Orchard TJ, et al. Insulin-dependent diabetes mellitus, physical activity, and death. Am J Epidemiol 1993;137(1):74–81.

37. Fuchsjäger-Mayrl G, Pleiner J, Wiesinger GF, Sieder AE, Quittan M, Nuhr MJ, et al. Exercise training improves vascular endothelial function in patients with type 1 diabetes. Diabetes Care 2002;25(10):1795–1801.

38. Ramalho AC, de Lourdes Lima M, Nunes F, Cambuí Z, Barbosa C, Andrade A, et al. The effect of resistance versus aerobic training on metabolic control in patients with type-1 diabetes mellitus. Diabetes Res Clin Pract 2006;72(3):271-276.

39. McMahon SK, Ferreira LD, Ratnam N, Davey RJ, Youngs LM, Davis EA, et al. Glucose requirements to maintain euglycemia after moderate-intensity afternoon exercise in adolescents with type 1 diabetes are increased in a biphasic manner. J Clin Endocrinol Metab 2007;92(3):963-968.

40. Laaksonen DE, Atalay M, Niskanen LK, Mustonen J, Sen CK, Lakka TA, et al. Aerobic exercise and the lipid profile in type 1 diabetic men: a randomized controlled trial. Med Sci Sports Exerc 2000;32(9):1541-1548.

41. Rigla M, Sánchez-Quesada JL, Ordóñez-Llanos J, Prat T, Caixàs A, Jorba O, et al. Effect of physical exercise on lipoprotein(a) and low-density lipoprotein modifications in Type 1 and Type 2 diabetic patients. Metabolism 2000;49(5):640-647.

42. Stettler C, Suter Y, Allemann S, Zwahlen M, Christ ER, Diem P. Apolipoprotein B as a long-term predictor of mortality in type 1 diabetes mellitus: a 15-year follow up. J Intern Med 2006;260(3):272-280.

43. al ZG et. Self-reported exercise and quality of life in young type 1 diabetic subjects. - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 31 mai 2016]. Disponible sur: http://www-ncbi-nlm-nih-gov.gaelnomade.ujf-grenoble.fr/pubmed/?term=zoppini%2C+exercise+quality

44. Tonoli C, Heyman E, Buyse L, Roelands B, Piacentini MF, Bailey S, et al. Neurotrophins and cognitive functions in T1D compared with healthy controls: effects of a high-intensity exercise. Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appliquée Nutr Métabolisme 2015;40(1):20-27.

45. D'hooge R, Hellinckx T, Van Laethem C, Stegen S, De Schepper J, Van Aken S, et al. Influence of combined aerobic and resistance training on metabolic control, cardiovascular fitness and quality of life in adolescents with type 1 diabetes: a randomized controlled trial. Clin Rehabil 2011;25(4):349-359.

46. Salem MA, AboElAsrar MA, Elbarbary NS, ElHilaly RA, Refaat YM. Is exercise a therapeutic tool for improvement of cardiovascular risk factors in adolescents with type 1 diabetes mellitus? A randomised controlled trial. Diabetol Metab Syndr 2010;2(1):47.

47. Harmer AR, Chisholm DJ, McKenna MJ, Morris NR, Thom JM, Bennett G, et al. High-intensity training improves plasma glucose and acid-base regulation during intermittent maximal exercise in type 1 diabetes. Diabetes Care 2007;30(5):1269–1271.

48. Tonoli C, Heyman E, Roelands B, Buyse L, Cheung SS, Berthoin S, et al. Effects of different types of acute and chronic (training) exercise on glycaemic control in type 1 diabetes mellitus: a meta-analysis. Sports Med Auckl NZ 2012;42(12):1059-1080.

49. Yardley J, Mollard R, MacIntosh A, MacMillan F, Wicklow B, Berard L, et al. Vigorous Intensity Exercise for Glycemic Control in Patients with Type 1 Diabetes. Can J Diabetes 2013;37(6):427-432.

50. Wadén J, Forsblom C, Thorn LM, Saraheimo M, Rosengård-Bärlund M, Heikkilä O, et al. Physical Activity and Diabetes Complications in Patients With Type 1 Diabetes. Diabetes Care. 2008;31(2):230-232.

51. Kriska AM, LaPorte RE, Patrick SL, Kuller LH, Orchard TJ. The association of physical activity and diabetic complications in individuals with insulin-dependent diabetes mellitus: the Epidemiology of Diabetes Complications Study--VII. J Clin Epidemiol 1991;44(11):1207-1214.

52. Mosso C, Hodgson MI, Ortiz T, Reyes ML. Bone mineral density in young Chilean patients with type 1 diabetes mellitus. J Pediatr Endocrinol Metab JPEM 2016;

53. Maggio ABR, Rizzoli RR, Marchand LM, Ferrari S, Beghetti M, Farpour-Lambert NJ. Physical activity increases bone mineral density in children with type 1 diabetes. Med Sci Sports Exerc 2012;44(7):1206-1211.

54. Brazeau AS, Leroux C, Mircescu H, Rabasa-Lhoret R. Physical activity level and body composition among adults with Type 1 diabetes. Diabet Med 2012;29(11):e402-408.

55. Temple MY, Bar-Or O, Riddell MC. The reliability and repeatability of the blood glucose response to prolonged exercise in adolescent boys with IDDM. Diabetes Care 1995;18(3):326-332.

56. Walsh J, Roberts R. Pumping Insulin: Everything You Need For Success On A Smart Insulin Pump. 4 edition. San Diego, CA: Torrey Pines Pr; 2006. 332 p.

57. Perkins, B. A., & Riddell, M. C. (2006). Type 1 diabetes and exercise: using the insulin pump to maximum advantage. *Canadian Journal of Diabetes*, *30*(1), 72-79.

58. Rabasa-Lhoret R, Bourque J, Ducros F, Chiasson JL. Guidelines for premeal insulin dose reduction for postprandial exercise of different intensities and durations in type 1 diabetic subjects treated intensively with a basal-bolus insulin regimen (ultralente-lispro). Diabetes Care 2001;24(4):625-630.

59. Campbell MD, Walker M, Trenell MI, Jakovljevic DG, Stevenson EJ, Bracken RM, et al. Large pre- and postexercise rapid-acting insulin reductions preserve glycemia and prevent early- but not late-onset hypoglycemia in patients with type 1 diabetes. Diabetes Care 2013;36(8):2217-2224.

60. Franc S, Daoudi A, Pochat A, Petit M-H, Randazzo C, Petit C, et al. Insulin-based strategies to prevent hypoglycaemia during and after exercise in adult patients with type 1 diabetes on pump therapy: the DIABRASPORT randomized study. Diabetes Obes Metab 2015;17(12):1150-1157.

61. Campbell MD, Walker M, Bracken RM, Turner D, Stevenson EJ, Gonzalez JT, et al. Insulin therapy and dietary adjustments to normalize glycemia and prevent nocturnal hypoglycemia after evening exercise in type 1 diabetes: a randomized controlled trial. BMJ Open Diabetes Res Care 2015;3(1):e000085.

62. Franc S, Dardari D, Biedzinski M, Requeda E, Canipel L, Hochberg G, et al. Type 1 diabetes: dealing with physical activity. Diabetes Metab 2012;38(5):466-469.

63. Grimm JJ, Ybarra J, Berné C, Muchnick S, Golay A. A new table for prevention of hypoglycaemia during physical activity in type 1 diabetic patients. Diabetes Metab 2004;30(5):465-470.

64. Thabit H, Tauschmann M, Allen JM, Leelarathna L, Hartnell S, Wilinska ME, et al. Home Use of an Artificial Beta Cell in Type 1 Diabetes. N Engl J Med 2015;373(22):2129-2140.

65. Kropff J, Del Favero S, Place J, Toffanin C, Visentin R, Monaro M, et al. 2 month evening and night closed-loop glucose control in patients with type 1 diabetes under free-living conditions: a randomised crossover trial. Lancet Diabetes Endocrinol 2015;3(12):939-947.

66. Castle JR, Engle JM, El Youssef J, Massoud RG, Yuen KCJ, Kagan R, et al. Novel use of glucagon in a closed-loop system for prevention of hypoglycemia in type 1 diabetes. Diabetes Care 2010;33(6):1282-1287.

67. Haidar A, Legault L, Messier V, Mitre TM, Leroux C, Rabasa-Lhoret R. Comparison of dual-hormone artificial pancreas, single-hormone artificial pancreas, and conventional insulin pump therapy for glycaemic control in patients with type 1 diabetes: an open-label randomised controlled crossover trial. Lancet Diabetes Endocrinol 2015;3(1):17-26.

68. Sherr JL, Cengiz E, Palerm CC, Clark B, Kurtz N, Roy A, et al. Reduced hypoglycemia and increased time in target using closed-loop insulin delivery during nights with or without antecedent afternoon exercise in type 1 diabetes. Diabetes Care 2013;36(10):2909-2914.

69. Turksoy K, Bayrak ES, Quinn L, Littlejohn E, Cinar A. Multivariable adaptive closed-loop control of an artificial pancreas without meal and activity announcement. Diabetes Technol Ther 2013;15(5):386-400.

70. Jacobs PG, El Youssef J, Reddy R, Resalat N, Branigan D, Condon J, et al. Randomized trial of a dual-hormone artificial pancreas with dosing adjustment during exercise compared with no adjustment and sensor-augmented pump therapy. Diabetes Obes Metab [Internet] 2016 Disponible sur: http://onlinelibrary.wiley.com.gaelnomade.ujf-grenoble.fr/doi/10.1111/dom.12707/abstract

VII) ANNEXES

Questionnaire activité sportive :

NOM : PRENOM : Date de naissance :

Profession :

Diabétologue :

1) A quelle date votre diabète a t- il été découvert ?
2) Quel(s) type(s) d'activité(s) sportive(s) pratiquez-vous ?
    - A quelle fréquence pratiquez-vous cette activité sportive ?
    - Quelle est la durée de l'activité sportive / semaine ?
    - Quelle intensité ?

type de sport	fréquence / semaine	durée / semaine	intensité

1		Aucun effort
2		Extrêment facile
3		Très facile
4		facile
5		Peu difficile
6		Moyennement difficile
7		difficile
8		Très difficile
9		fatigant
10		exténuant

Echelle modifiée de perception de l'effort (Borg)

BORG 6-20 original	BORG 1-10 modifié	% FC maximale	Perception	Activité
6	0	50-60%		repos
7			très très facile	
8	1			
9			très facile	marche
10	2	60-70%		
11			assez facile	léger jogging
12	3			
13		70-80%	un peu dur	jogging
14	4			
15	5	80-90%	dur	
16	6			seuil
17	7	90-95%	très dur	
18	8			intervalles
19	9	95-100%	très très dur	
20	10			

Poids : taille : IMC

Basal : bolus :

3) a) Quels sont les facteurs limitant chez-vous la pratique d'une activité sportive ?

b) Y a-t-il des sports que vous n'osez pas pratiquer à cause de votre diabète ? Pourquoi ?

4) Quels effets bénéfiques l'activité sportive a sur vous ?

5) Ressentez-vous le besoin d'avoir une aide quelconque pour gérer la pratique d'activité sportive ? de quel type ?

6) A quel rythme effectuez-vous votre surveillance glycémique ?

- Avant l'activité sportive :
- Pendant l'activité sportive :
- Après l'activité sportive :

7) Quelles modifications de votre traitement effectuez-vous ?

a) Avant l'activité sportive

- Sur le débit basal / insuline lente :

- Sur le bolus repas :

- Sur la prise de glucides :

b) Pendant l'activité sportive :

- Sur le débit basal :

- Sur la prise de glucides :

c) Apres l'activité sportive

- Sur le débit basal / insuline lente :

- Sur le bolus repas :

- Sur la prise de glucides

8) Quelles sont les plages de glycémies idéales pour débuter votre activité sportive ?

9) Quelles actions menez-vous lorsque vous présentez une hypoglycémie ?

- Avant l'activité :

- Au moment de l'activité sportive

- Apres l'activité :

10) Quelles actions menez-vous lorsque vous présentez une hyperglycémie ?

- Avant l'activité :

- Au moment de l'activité physique

- Apres l'activité :

11) a) Avez-vous présenté des hypoglycémies sur les deux dernières semaines ? Si oui combien ?

b) Avez-vous présenté des hypoglycémies sévères depuis un an ? Si oui combien ?

12) Connaissez-vous la valeur de votre dernière hbA1C ? Si oui, à combien est- elle ?

13) Quelle est la principale difficulté que vous rencontrez lors d'une activité sportive ?

14) Comment jugez vous l'efficacité de vos mesures adaptatives lors d'une activité sportive ?

14) Qu'attendriez vous de la recherche visant à faciliter la conduite d'une activité sportive ?

15) Qu'auriez-vous envie de dire sur le sport à une personne dont on vient de diagnostiquer le diabète ?

RESUME

Mots clés : Diabète de type 1, activité sportive, insulinothérapie

INTRODUCTION : L'activité physique pour les personnes vivant avec un diabète de type 1 est associée à de nombreux avantages pour la santé. Malgré cela, les patients DT1 pratiquent moins souvent de l'activité physique que la population générale, du fait de la peur de l'hypoglycémie sévère. L'objectif est d'évaluer les stratégies d'adaptation de l'insulinothérapie chez des patients sportifs expérimentés et d'établir un outil pédagogique destiné à aider les personnes atteintes de DT1 à devenir et rester physiquement actives afin de réduire l'impact négatif du diabète sur leur santé.

MATERIEL ET METHODES : Des questionnaires dirigés étaient réalisés chez 15 patients diabétiques de type 1 experts.

RESULTATS : les patients traités par multi-injection effectuent soit une diminution de la Lantus, soit une diminution du bolus repas allant de de 20% à 50%, associé à une prise de glucides de 15 grammes avant l'effort. Les patients traités par pompe à insuline utilisent un débit temporaire diminué de 30% à 75% voire 100% du débit de base (pour une intensité >6 sur l'échelle de Borg).S'y associe une consommation de glucides de 15 grammes avant l'activité puis 15 grammes/h pour les intensités supérieures à 7. Ces résultats associés aux données de la littérature ont permis de faire des propositions d'adaptation de l'insulinothérapie et de la prise de glucides sous la forme d'un guide pratique.

CONCLUSION : le guide pratique est un outil pour les patients permettant d'acquérir et maintenir des compétences en tenant compte de leur expérience et de leur gestion du diabète, il participe de la mise au point du pancréas artificiel dans l'attente de son développement et de sa généralisation.