



HAL
open science

Évaluation des effets du massage post-effort sur la récupération sportive chez le coureur cycliste

Marion Le Goff

► **To cite this version:**

Marion Le Goff. Évaluation des effets du massage post-effort sur la récupération sportive chez le coureur cycliste. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02272134

HAL Id: dumas-02272134

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02272134>

Submitted on 27 Aug 2019

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE

22 avenue Camille Desmoulins

29 238 BREST CEDEX 3

Evaluation des effets du massage post-effort sur la récupération sportive chez le coureur cycliste

LE GOFF Marion

En vue de l'obtention du diplôme d'état de Masseur-Kinésithérapeute

Promotion 2015-2019

Juin 2019

REMERCIEMENTS

A Mathilde MACE, ma directrice de mémoire, pour tous ses conseils.

A Ronan LESTIDEAU, Christelle HAMON, Vincent CREACH, Laurence ALEXANDRE, Marc LEROY, formateurs à l'IFMK de Brest, pour leur accompagnement tout au long de mon parcours scolaire.

A mes parents ainsi qu'à ma sœur pour leur soutien au cours de ces 5 années d'études.

A mes différents tuteurs de stage au cours de mon cursus pour leur aide et leur accompagnement, et particulièrement à Jean-Bernard ROUSIERE, pour toutes ses recherches effectuées.

A tous les sportifs qui m'ont accompagnée de près ou de loin dans la réalisation de ce mémoire, et notamment à Maxime et Yann. Merci de votre aide, de votre expérience de cyclistes de haut niveau et de votre intérêt partagé pour le sujet.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CADRE CONCEPTUEL	3
I. L'effort cycliste	3
1.1. Histoire du cyclisme	3
1.2. Le cyclisme de haut niveau : entraînements et compétitions.....	3
1.3. Analyse du mouvement de pédalage	4
1.4. Recrutement musculaire	6
1.5. Conclusion intermédiaire	8
II. Impacts de l'effort sur l'organisme	9
2.1. Architecture du muscle strié squelettique	9
2.2. Excitation, contraction, relâchement	10
2.3. Les différentes filières métaboliques	11
2.4. Fatigue centrale et périphérique.....	13
2.5. Les douleurs musculaires retardées	15
III. Le massage	17
3.1. Présentation.....	17
3.2. La place du massage dans le monde sportif.....	18
3.3. Les différentes techniques	18
3.4. Bases physiologiques du massage	19
IV. Problématique et hypothèses de recherche.....	21
METHODOLOGIE	23
I. Interrogation des bases de données	23
II. Sélection des données	23
2.1. Selon le diagramme de flux PRISMA	23
2.2. Classification et évaluation de la qualité des articles	25
2.3. Extraction de l'information.....	25
RESULTATS.....	26
I. Etudes incluses.....	26
1.1. Qualité et limites des études	28
II. Résultats et analyse des études.....	29
2.1. Durée du massage	29
2.2. Type d'effort induisant la fatigue	31

2.3.	Temps entre effort 1 – massage et massage – effort 2.....	32
2.4.	Techniques de massage utilisées.....	34
III.	Synthèse.....	35
IV.	Proposition d’un protocole	36
4.1.	Type d’étude	36
4.2.	Outcomes	37
4.3.	Population	37
4.4.	Matériel.....	37
4.5.	L’effort.....	38
4.6.	Conditions de récupération	38
4.7.	Deuxième effort	39
4.8.	Mesures	40
	DISCUSSION	41
I.	Construction du protocole	41
1.1.	Type d’étude	41
1.2.	Choix de l’effort.....	42
1.3.	Choix du protocole de massage	44
II.	Limites du travail	46
III.	Ouverture.....	47
3.1.	Autres pistes de réflexion	47
3.2.	Recherches futures	49
3.3.	Projection professionnelle.....	49
	CONCLUSION	52
	BIBLIOGRAPHIE.....	53
	ANNEXES	

GLOSSAIRE

Cytoplasme : Compris entre la membrane plasmique et le noyau, il regroupe l'ensemble des éléments situés à l'intérieur d'une cellule.

DOMS : Egalement appelé courbatures ou douleurs musculaires d'apparition retardée, DOMS est l'acronyme de Delayed Onset Muscle Soreness.

Motoneurone : Egalement appelé neurone moteur, il permet la commande du mouvement grâce à son axone qui innerve une fibre musculaire.

Myofibrille : Située à l'intérieur du cytoplasme de la cellule musculaire striée, c'est l'élément contractile des cellules des muscles squelettiques.

Neurotransmetteur : C'est une molécule chimique, libérée par un neurone lors d'une stimulation et venant se fixer sur un récepteur situé, soit sur un autre neurone, soit sur une cellule cible. On trouve, par exemple, l'acétylcholine, la noradrénaline, la dopamine, la sérotonine, ...

Pédalier : C'est un système d'engrenage permettant à la roue de tourner grâce à la force exercée sur les pédales et à la chaîne qui le relie à la roue.

Puissance : En cyclisme, elle s'exprime en Watt et est définie comme étant la fréquence de pédalage multipliée par le couple C (la force exercée sur les pédales multipliée par la longueur de la manivelle).

Réticulum sarcoplasmique : Cavités formant un compartiment cellulaire dans lequel est stocké le calcium, nécessaire à la contraction musculaire.

Rhabdomyolyse : Lésion du tissu musculaire strié entraînant une augmentation des taux de certaines enzymes telles que la créatine phosphokinase.

Sarcomère : Élément majeur des myofibrilles à l'origine de la contraction musculaire. Chaque sarcomère est formé par des filaments fins d'actine et épais de myosine, dont le glissement des filaments les uns par rapports aux autres provoque la contraction des sarcomères et donc celle des myofibrilles et de la cellule musculaire.

LISTE DES ABREVIATIONS

GF : muscle grand fessier

VL : muscle vaste latéral

VM : muscle vaste médial

DF : muscle droit fémoral

BF : muscle biceps fémoral

TA : muscle tibial antérieur

GAS : muscle gastrocnémien

GM : muscle gastrocnémien médial

GL : muscle gastrocnémien latéral

IJ : muscle ischio-jambiers

SM : muscle semi-membraneux

ST : muscle semi tendineux

SOL : muscle soléaire

PS : muscle psoas

SNC : système nerveux central

EMG : électromyographie

ATP : adénosine triphosphate

CPK : créatine phosphokinase

H⁺ : ion hydrogène

Pi : phosphate inorganique

Ca²⁺ : ion calcium

INTRODUCTION

Au cours de notre parcours scolaire, grâce à nos expériences, nos rencontres et notre vécu, notre chemin vers l'exercice professionnel se dessine progressivement. Un de mes souhaits était d'allier le relationnel, le travail manuel et le sport. Ainsi, devenir masseur-kinésithérapeute est rapidement devenu une ambition et cet engouement pour le sport m'a permis, dès la première année à l'école de kinésithérapie, d'intégrer une équipe cycliste amateur afin d'assister le kinésithérapeute de l'équipe dans la prise en charge des coureurs. Pratiquant également le sport depuis mon plus jeune âge, j'ai pu être à même d'apprécier l'exigence et la difficulté de cette pratique.

Un des liens réunissant l'exercice de la masso-kinésithérapie et la pratique du cyclisme est le massage. En effet, il trouve une place prépondérante dans la prise en charge des cyclistes. Il peut être effectué avant l'effort, en échauffement afin de préparer le sportif à l'effort mais aussi après l'effort dans le but de limiter les dommages physiologiques causés par l'activité. C'est d'ailleurs dans ce deuxième cas qu'il était le plus utilisé auprès des coureurs de l'équipe.

Les athlètes de haut niveau, ici plus particulièrement les cyclistes, ont un rythme de compétition chargé et peuvent endurer des épreuves à étapes pendant deux, trois jours ou encore une à trois semaines telles que le Tour de France. Au cours de ces efforts, l'apparition de fatigue musculaire et psychologique entraîne une difficulté à maintenir des capacités physiques optimales. Ces modifications physiologiques de l'organisme vont être responsables d'une altération de la performance. Afin de permettre aux cyclistes de reproduire ces efforts, les perturbations induites par l'exercice devront être compensées, c'est le processus de récupération.

Dans l'optique de diminuer ce temps de récupération, le massage est une tradition pratiquée dans le monde du cyclisme depuis plus de 100 ans. Ainsi, le directeur sportif de Greg LeMond (vainqueur à trois reprises du Tour de France) déclarait dans les années 1980-1990 que « *le massage est un facteur ayant contribué à la performance de LeMond* » (1). Aujourd'hui encore, j'ai pu remarquer, au sein de cette équipe cycliste amateur, que les thérapeutes ainsi que les athlètes et les entraîneurs possèdent de nombreuses croyances sur les effets du massage. Cependant, les techniques de massage, bien que très utilisées et dont l'efficacité est admise de manière empirique, manquent de preuves

scientifiques les confirmant. La science commence à émerger mais les études sont peu nombreuses et la méthodologie varie largement d'une étude à l'autre.

Néanmoins, les préoccupations actuelles, économiques du système français et d'obligations de moyens des masseurs-kinésithérapeutes nous incitent à nous questionner sur l'efficacité de cette technique inscrite dans notre champ de compétence de la masso-kinésithérapie.

Par conséquent, l'objectif de ce travail est de questionner le lien entre le massage post-effort et la récupération et ainsi être en mesure d'actualiser les connaissances sur les effets du massage de récupération chez le coureur cycliste.

Dans une première partie, le contexte de l'étude sera présenté au travers de 3 notions fondamentales pour la suite du travail : l'effort cycliste, l'impact de cet effort sur l'organisme et enfin le massage et ses effets attendus.

Dans un second temps, j'exposerai la méthodologie utilisée pour me permettre d'interroger la littérature sur le lien entre le massage post-effort et la récupération grâce à deux indicateurs : la douleur musculaire et la performance ultérieure. Puis, me permettre par la suite de proposer un protocole de recherche interventionnelle répondant à la problématique suivante :

Le massage, réalisé après un effort cycliste, permet-il de favoriser la récupération des coureurs ?

CADRE CONCEPTUEL

I. L'effort cycliste

1.1. Histoire du cyclisme

Le premier vélo apparaît en 1817 sous l'impulsion du baron allemand Drais (2). Il invente « la draisienne » qui ne possédait pas encore de pédales. L'utilisateur devait pousser sur ses jambes pour faire avancer le vélo, ce qui ne lui permettait pas de parcourir des centaines de kilomètres (kms). Il faudra attendre les années 1860, en France, pour voir apparaître le premier vélocipède à pédales. Le perfectionnement de la bicyclette se poursuit au fil des années, ce qui permet à cette discipline d'être présente aux Jeux Olympiques d'été, dès la première édition, en 1896, à Athènes. Puis, la création du Tour de France en 1903 annonce une nouvelle ère et suscite l'engouement du public à travers le monde pour cette nouvelle pratique (3).

Aujourd'hui, le cyclisme, prit globalement, est un sport varié qui regroupe 16 disciplines distinctes telles que le VTT (vélo tout terrain), le BMX (bicycle motocross), le cyclo-cross, le cyclisme sur piste, le cyclisme sur route étant davantage médiatisé. En France, en 2016, le cyclisme se plaçait au 17^{ème} rang des sports comptant le plus grand nombre de licenciés et au 5^{ème} rang des fédérations regroupant le plus de sportifs de haut niveau (4). Aussi, la Bretagne est une terre de cyclisme qui comptabilise environ 11 655 licenciés (5), ce qui l'amène à être la deuxième région française la plus représentée. Ainsi, l'évolution du vélo d'un mode de transport vers un sport a introduit une nouvelle vision, celle de la performance et de la recherche de haut niveau.

1.2. Le cyclisme de haut niveau : entraînements et compétitions

Le cyclisme sur route est considéré comme un sport exigeant, tant par les charges d'entraînements demandées que par le mode de vie qu'il impose aux coureurs. A la différence de la course à pied où il serait impossible physiquement pour un athlète d'enchaîner des marathons toute l'année en raison des traumatismes tendino-articulaires, le cyclisme est un sport porté, peu traumatisant, qui permet de répéter les compétitions tout au long de la saison. Les coureurs peuvent ainsi effectuer entre 120 et 160 courses par an pour les professionnels et emmagasiner des charges d'entraînements qui représentent près de 20 000 kilomètres pour les meilleurs amateurs et plus de 35 000

kilomètres par an pour les professionnels qui sont amenés à effectuer des courses plus longues. En parallèle de cet entraînement, les cyclistes sont contraints à des règles alimentaires strictes et des exigences de repos pour performer sur tous les profils de courses pendant 2 à 5 heures. De plus, sur les courses à étape, ils sont amenés à répéter ces efforts chaque jour pendant un week-end, 1 semaine voire 3 semaines pour les grands Tours. Ainsi, au sein d'une équipe cycliste, tout est organisé autour de l'athlète pour qu'il soit performant : médecins, kinésithérapeutes, entraîneurs, matériels, mécaniciens, etc...(6). Aussi, un déterminant important de la performance concerne la technique de pédalage adoptée par l'athlète.

1.3. Analyse du mouvement de pédalage

En effet, une étude mesurant la consommation maximale d'oxygène, le seuil anaérobie lactique, l'utilisation du glycogène musculaire, l'activité enzymatique et la typologie musculaire a émis l'hypothèse selon laquelle la performance cycliste était en partie liée à la biomécanique du mouvement de pédalage (7).

Ce dernier consiste à exercer une force sur les pédales pour permettre le déplacement du vélo grâce à la rotation du pédalier. Ce mouvement circulaire, réalisé en chaîne fermée, pourrait paraître anodin et simplement constitué d'alternance de mouvements de flexion et d'extension du membre inférieur (hanche, genou, cheville). Cependant, il est bien plus complexe puisqu'il nécessite la mobilisation de nombreux muscles et l'optimisation de la force induite sur la pédale lors du cycle de pédalage. Par ailleurs, il est important de noter que les deux jambes effectuent le même mouvement mais en opposition de phase. Il en résulte un travail de coordination de l'effort puisqu'au même instant, il y a une sollicitation en flexion d'une jambe et en extension de l'autre.

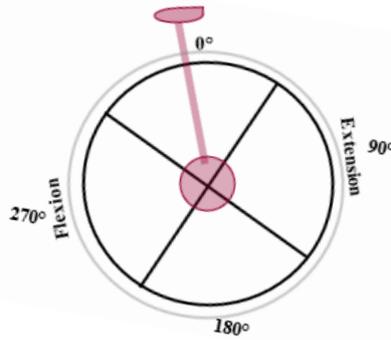


Figure 1 – Les différentes phases du cycle de pédalage (d’après Grappe, 2018) (8,9)

Ce cycle de pédalage est classiquement décomposé en 4 phases distinctes pour chaque membre inférieur (8,10) selon un cercle parcouru dans le sens horaire comme représenté sur la **figure 1** :

- **Phase 1 (0 à 180°)** : elle correspond à la phase d’extension ou de poussée, qui consiste à réaliser un mouvement vers le bas pour abaisser la pédale. C’est durant cette phase que la majorité de la puissance est développée (10).
- **Phase 2 (180°)** : elle correspond au point mort bas ou transition basse, c’est-à-dire la zone de transition entre le mouvement d’extension et de flexion du membre inférieur. Afin d’avoir un rendement mécanique optimal, l’enchaînement de ces deux phases nécessite une grande souplesse de la cheville ainsi qu’une fluidité du mouvement de pédalage (11).
- **Phase 3 (180 à 360°)** : elle correspond à la phase de flexion ou de tirage qui permet de remonter la pédale. La force développée y est moindre, la puissance dégagée étant assurée par le membre controlatéral (10).
- **Phase 4 (360°)** : elle correspond au point mort haut ou transition haute, c’est-à-dire la zone de transition entre le mouvement de flexion et d’extension. Cette dernière phase représente la fin du cycle, elle sera de nouveau suivie par la phase de poussée.

Pendant toute la durée du cycle, la cheville reste en flexion plantaire (12). La hanche et le genou effectuent successivement une extension et une flexion. Néanmoins, cette analyse uniquement dans le plan sagittal peut sembler un peu trop simpliste puisqu’elle ne prend pas en compte les autres mouvements. Ainsi, Gregersen et al. (13) et Bailey et al. (14) ont montré que l’adduction/abduction de hanche pouvaient être responsables de blessures de sur-sollicitations, notamment au niveau du genou (douleur au genou, tendinopathie rotulienne). Il en est de même chez les cyclistes présentant une

inversion/éversion trop prononcée de la cheville pouvant être à l'origine de micro-traumatismes au niveau du genou.

Par ailleurs, le mouvement de pédalage est différent entre la position assise sur la selle et la position en danseuse. Cette dernière est définie par l'absence de point d'appui au niveau de la selle. Le centre de masse du cycliste est alors avancé et plus haut, ce qui entraîne une augmentation de l'angle de la hanche et une contribution musculaire plus importante des muscles grand fessier (GF), vaste latéral (VL), droit fémoral (DF) ainsi que du biceps fémoral (BF) (12,15). En effet, le muscle GF permet de stabiliser le bassin du fait de la suppression d'appui au niveau de la selle. L'augmentation de l'activité du quadriceps serait liée, quant à elle, à l'allongement de la durée d'extension du genou pour descendre la pédale jusqu'au point mort bas. Quant au muscle BF, son activité est intensifiée pour contrôler la force appliquée sur la pédale et permettre une fluidité du mouvement lors de la phase de transition basse et de remontée de la pédale (16).

L'observation qui suit, ayant fait l'objet de nombreuses études, représente le recrutement musculaire chez un cycliste pédalant en station assise.

1.4. Recrutement musculaire

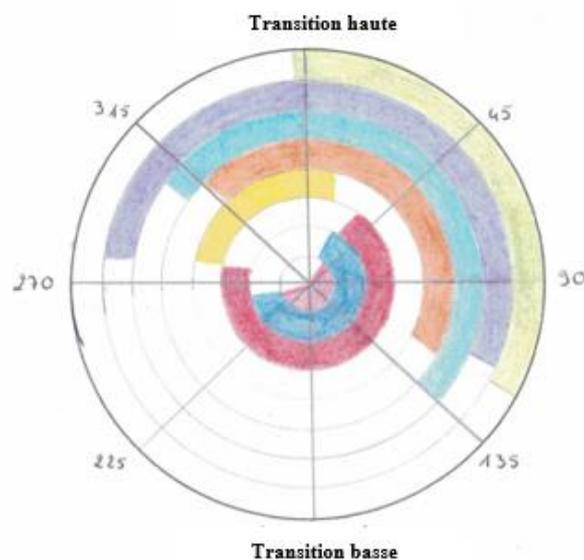


Figure 2 – Période d'activation des différents muscles **GF**, **DF**, vaste médial (**VM**), **VL**, tibial antérieur (**TA**), gastrocnémien (**GAS**), **BF** et semi-membraneux (**SM**) (16,17)

Afin de générer ce mouvement de pédalage, le système nerveux central (SNC) doit permettre la contraction de la plupart des muscles du membre inférieur (**figure 2**). Ainsi,

le mouvement est possible grâce à une synergie des groupes musculaires antagonistes du membre inférieur qui vont produire le mouvement et fournir la force lors de leur contraction. Le tableau (**Annexe I**) regroupe les principaux muscles impliqués dans le mouvement de pédalage. Cette observation en position assise a été réalisée par de nombreux auteurs (18–20) au moyen de mesures électromyographiques (EMG) permettant d’analyser l’activité musculaire grâce à des électrodes appliquées sur la peau, en regard du ventre musculaire.

1.4.1. Phase de poussée/d’extension

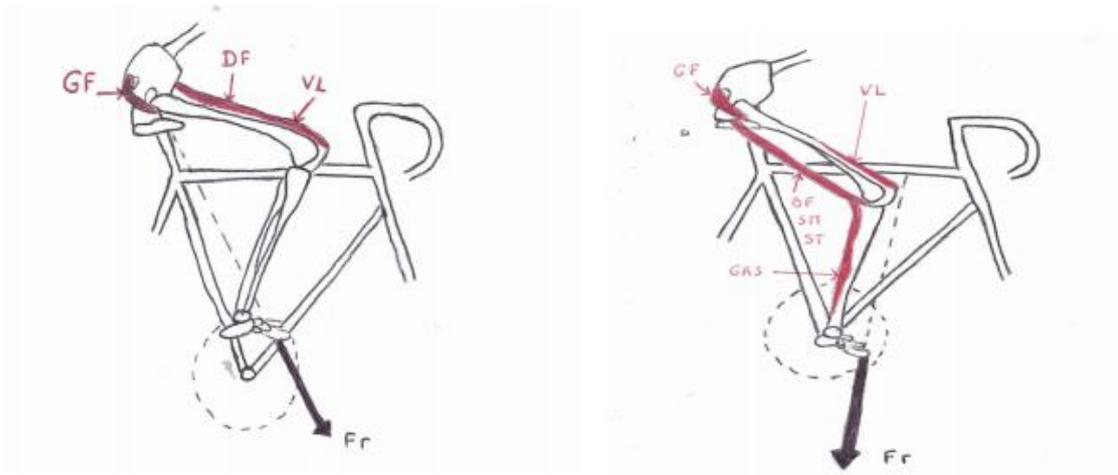


Figure 3 – Direction de la force appliquée lors de la descente de la pédale et muscles mis en jeu (d’après Grappe 2018) (8)

Lors de la phase de poussée, les forces appliquées sur les pédales sont dirigées vers l’avant et le bas lors de la première partie de la descente, puis vers l’arrière et l’extérieur lors de la seconde moitié du mouvement entraînant un recrutement musculaire différentiel (21,22) (**figure 3**).

Les extenseurs mono-articulaires de la hanche (GF) et du genou (VL, VM) jouent un rôle important dans cette phase de par leur fonction. Ils sont actifs lors de la première partie de la descente de la pédale et vont fournir 37% de la puissance totale. Le déroulement temporel de ces deux groupes musculaires (extenseurs de hanche et de genou) est très similaire. Leur activité débute aux environs de la phase de transition haute (environ 300°-335°) pour se terminer aux alentours de 100°. Le muscle droit fémoral présente une activité EMG similaire mais il est activé un peu plus tôt et se termine juste après 90°. Son activité est maximale lors du passage du point mort haut (8).

L'activité des muscles BF, SM et semi-tendineux (ST) est, quant à elle, maximale lors de la seconde partie de la descente de la pédale. Ils sont activés aux environs de 45° et cessent un peu après le point mort bas (8).

Quant aux fléchisseurs plantaires de la cheville (soléaire (SOL), GAS), ils sont activés dès la première partie de la descente de la pédale. Raasch et coll. et Zajac et coll. (9) ont supposé que le muscle gastrocnémien permet de redistribuer à la manivelle 56% de l'énergie générée par les extenseurs mono-articulaires de la hanche et du genou.

1.4.2. Phase de relâchement/flexion

Les muscles fléchisseurs de la hanche (DF, psoas (PS)) et du genou (BF, SM, ST, GAS) vont permettre de faire remonter la pédale. De la même manière que pour l'extension, l'énergie fournie par le PS et le BF (26% de la puissance totale lors d'un exercice réalisé à 250W) va être transmise à la manivelle, par l'intermédiaire du tibial antérieur (TA). Ce dernier est activé lors de la seconde partie de la remontée de la pédale (entre 230 et 15°) (8).

Lors de cette phase de tirage, deux stratégies de cheville peuvent être utilisées. La première, favorisée par les non-cyclistes, consiste à maintenir le pied dans une position proche de l'horizontale, diminuant ainsi l'activité des muscles soléaire et tibial antérieur. La seconde, préférée par les cyclistes expérimentés, consiste à maintenir le pied en flexion plantaire tout au long de la remontée de la pédale, augmentant alors l'énergie générée par les fléchisseurs de hanche et de genou à la pédale (8).

1.5. Conclusion intermédiaire

En résumé, nous venons de voir, comment, grâce aux mouvements articulaires et musculaires, le mouvement de pédalage est permis, ce qui nous a amené à détailler les principaux muscles mis en jeu. Néanmoins, il serait pertinent de comprendre ce que cet effort physique engendre sur l'organisme.

II. Impacts de l'effort sur l'organisme

Au cours d'une journée de course, les coureurs cyclistes peuvent réaliser un effort qui oscille entre 2 et 5 heures. Cet effort a pour conséquence une modification des paramètres physiologiques de l'organisme et l'apparition plus ou moins importante d'un état de fatigue. Dans le milieu sportif, cette fatigue peut être définie comme une diminution de la capacité de contraction du muscle (force, vitesse, durée) en relation avec une activité musculaire intense et/ou de longue durée et qui disparaît après une période de repos (23). Afin de favoriser la récupération et de permettre aux coureurs de reproduire leurs performances, la compréhension des mécanismes conduisant à l'épuisement est importante. Différents facteurs sont à considérer pour l'expliquer, qu'ils soient d'origines physiologiques, biomécaniques, environnementaux, mécaniques ou psychologiques. De manière à mieux comprendre l'impact de cet effort sur les athlètes, nous allons tout d'abord effectuer un rappel anatomique succinct.

2.1. Architecture du muscle strié squelettique

Le muscle squelettique est constitué de fibres musculaires, regroupées pour former des faisceaux musculaires. Autour de chaque muscle, chaque faisceau de fibres et de chaque fibre, on trouve différentes couches de tissu conjonctif (respectivement : épimysium, périmysium et endomysium) qui vont fusionner et venir se fixer à l'os par l'intermédiaire de tendons. Chaque fibre musculaire est entourée par une membrane cellulaire, le sarcolemme, qui agit comme une barrière de protection, contrôlant ainsi le passage des différentes substances. Le cytoplasme (myoplasme) de ces fibres musculaires contient des myofibrilles qui représentent l'appareil contractile du muscle. Le reste du cytoplasme (sarcoplasme) contient des protéines, du glycogène, des vacuoles lipidiques et des mitochondries. Ce sont ces dernières qui vont fournir l'énergie nécessaire aux myofibrilles pour la contraction musculaire. Chaque myofibrille comprend une unité contractile, le réticulum sarcoplasmique qui stocke le calcium pour faciliter la transmission du potentiel d'action et permettre la contraction musculaire. Ces myofibrilles se composent de la plus petite unité contractile du muscle, le sarcomère résultant de l'agencement de filaments de protéines : la myosine et l'actine. Le glissement de ces filaments les uns par rapport aux autres provoque un raccourcissement du sarcomère et génère la contraction musculaire (**figure 4**) (24).

2.2. Excitation, contraction, relâchement

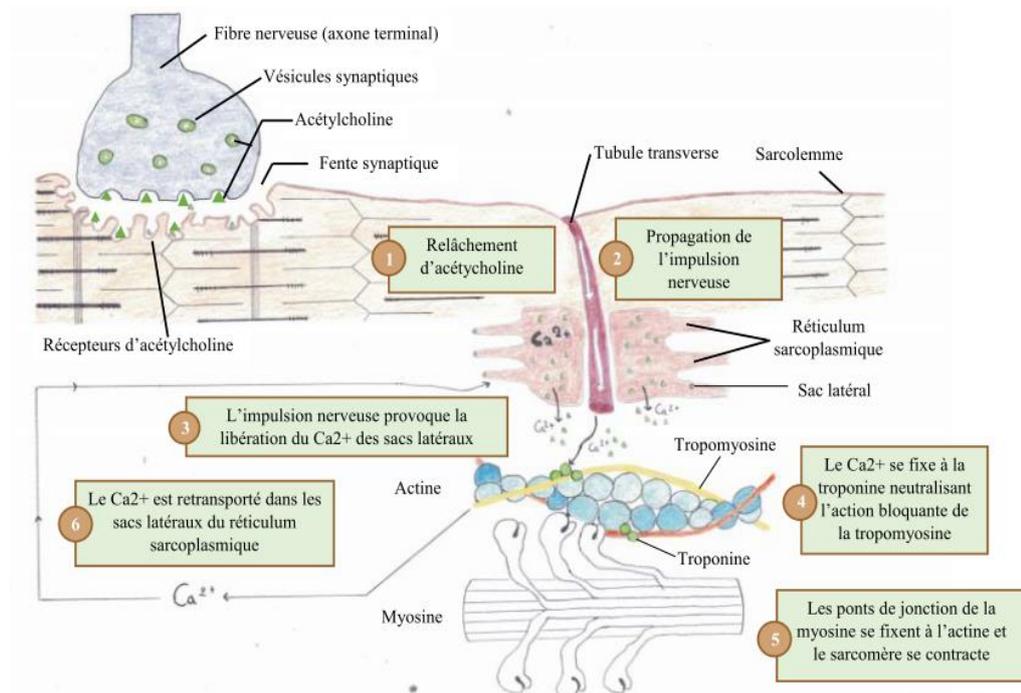


Figure 4 – Organisation et couplage excitation-contraction du muscle strié squelettique (24)

La stimulation nerveuse, au niveau du motoneurone, provoque la libération d'un neurotransmetteur au niveau de la fente synaptique qui se lie, ensuite, à ses récepteurs situés sur le sarcolemme. Un potentiel d'action est produit, il se propage au niveau du sarcolemme et provoque la libération des ions calciums stockés dans le réticulum sarcoplasmique. Ces ions calciums viennent se fixer sur des protéines situées à la surface de l'actine (la troponine), ce qui permet la formation du complexe actine-myosine. Le calcium a donc un rôle clé dans la contraction musculaire. Les têtes de myosine, elles, fixent de l'adénosine triphosphate (ATP), l'énergie nécessaire pour activer les têtes et leurs permettre, grâce à un pont d'union, de venir se fixer sur les filaments d'actine. Les filaments de myosine tirent les filaments d'actine vers le centre du sarcomère pour générer une contraction musculaire (**figure 4**). En l'absence de renouvellement de l'ATP, il n'y a pas de dissociation du complexe actine-myosine et les myofibrilles restent contractées (24).

2.3. Les différentes filières métaboliques

Une certaine quantité d'énergie doit être libérée par l'organisme pour permettre un effort. Selon le type d'effort effectué, la quantité d'énergie libérée n'est pas la même. Ainsi, lors d'un sprint, les cyclistes libèrent une grosse quantité d'énergie sur un temps très court et de manière très rapide. Dès les premières secondes du sprint, le coureur se sent très puissant, néanmoins, cette sensation diminue progressivement. A contrario, lorsque le cycliste roule à une intensité modérée, il a le sentiment de pouvoir poursuivre l'effort pendant des heures. Ce qui nous amène à nous demander : comment, après un sprint, est-il possible de poursuivre l'effort sur un niveau d'intensité plus faible, sachant que le sprint aurait dû épuiser toutes les réserves énergétiques ? L'objectif est de comprendre le fonctionnement de la libération d'énergie par l'organisme afin d'optimiser le processus de récupération des coureurs après une course.

Ainsi, une forme d'énergie, directement utilisable par le muscle, est nécessaire pour permettre la contraction musculaire : l'ATP dont la liaison entre les derniers groupements phosphates est très riche en énergie. Son hydrolyse par l'ATPase (enzyme) provoque la rupture de la liaison, ce qui engendre la libération d'énergie et la formation d'adénosine diphosphate (ADP) et d'un phosphate inorganique (Pi) (8,25). Mais cette molécule d'ATP est présente en faible quantité dans le corps humain, elle doit donc être continuellement régénérée grâce à trois filières énergétiques :

- La **filière anaérobie alactique** (ATP-créatine phosphate CP) n'utilisant pas l'oxygène et ne produisant pas d'acidité. La faible quantité d'ATP est complétée par une réserve de créatine phosphate, possédant les mêmes propriétés, et permettant de palier la chute de l'ATP dès les premières secondes de l'effort. Dès cette baisse de concentration en ATP, la créatine kinase (enzyme) sépare le phosphate de la créatine, ce qui permet la libération d'énergie. Le phosphate, lui, va se lier à l'ADP pour resynthétiser l'ATP (25,26). Cette filière anaérobie alactique autorise des variations soudaines d'intensités et le développement, sur des temps courts (15 à 30 secondes), de pics de puissance 12 fois plus élevés que ceux produits par la voie aérobie (8). Elle permet donc de se mettre en surrégime pendant quelques secondes mais sa capacité limitée force l'athlète à ralentir. Dès lors que ce système est vide, le muscle ne peut plus se contracter. La filière anaérobie lactique doit prendre le relais.

- La **filière anaérobie lactique** (glycolyse anaérobie) produisant de l'acidité. Les réserves de créatine-phosphate ne sont pas suffisantes et, pour permettre aux cyclistes de rouler plus vite, plus longtemps, d'autres filières doivent prendre le relais. C'est le cas de la filière anaérobie lactique. La production d'ATP est possible grâce à la dégradation du glucose provenant de la digestion des hydrates de carbone (pâtes, riz...) et de la dégradation du glycogène hépatique. L'inconvénient de cette filière est qu'elle produit de l'acidité, elle n'est donc efficace que pendant un effort court, intense, de 30 à 120 secondes (8).
- La **filière aérobie** utilisant l'oxygène. Lorsque les deux premières filières arrivent à épuisement, la voie aérobie doit prendre le relais. C'est la filière de l'endurance, activée au bout de 2 à 3 minutes et principalement utilisée chez les cyclistes qui sont soumis à des efforts de 2 à 5 heures. Cette filière aérobie est capable de fournir de l'ATP en utilisant l'oxygène pour dégrader les substrats glucidiques et lipidiques au sein de la mitochondrie, constituant ce que l'on appelle « la respiration cellulaire ». La production de protons est faible et peu de déchets sont produits. Par conséquent, l'effort peut être réalisé pendant des heures (25).

Néanmoins, il ne faut pas oublier qu'une filière n'est jamais utilisée seule. Lors d'un effort, les métabolismes énergétiques sont mis en jeu successivement, avec des prédominances selon l'intensité et la durée de l'effort. Fox et Matthews parlent de continuum énergétique : le corps humain n'attend jamais l'épuisement d'un système énergétique avant de mettre en jeu le suivant (25). Le cyclisme sur route en compétition sollicite en priorité la filière aérobie pour permettre à l'organisme d'être endurant sur toute la durée de l'effort mais il fait appel à une part plus ou moins importante de travail en anaérobie (27). Ceci peut être illustré lorsqu'un coureur en aérobie au sein du peloton, est soumis à une accélération brutale, les filières anaérobie alactique et anaérobie lactique sont activées et prennent le relais. Il en est de même lors du sprint final ou lors de l'ascension d'une côte (25). Le tableau (**Annexe II**) résume la particularité des différentes filières. Lorsque les réserves sont épuisées, la fatigue apparaît, le cycliste se trouve dans l'incapacité de poursuivre l'effort.

2.4. Fatigue centrale et périphérique

On distingue 2 types de fatigue : la fatigue centrale et la fatigue périphérique.

2.4.1. Fatigue centrale

Cette fatigue centrale survient en amont de la jonction neuro-musculaire, entre le SNC et la jonction neuromusculaire. Le phénomène est complexe, encore mal connu mais diverses hypothèses ont été proposées :

- Hypothèse neurochimique : les contraintes, à la fois physiques et psychologiques induiraient une activation des systèmes noradrénergiques et dopaminergiques. Grâce à des expérimentations, le rôle de ces neuromédiateurs sur la fatigue est établi. Ainsi, lors de l'effort, l'évolution de la dopamine cérébrale se fait selon deux phases : au début de l'effort, on observe une légère augmentation puis, lorsque l'effort devient épuisant, une diminution. Il en est de même pour les neurones noradrénergiques dont la baisse de fonctionnement impacterait sur l'humeur et la motivation (23).
- Hypothèse de l'ammoniaque : l'augmentation des concentrations en ammoniaque au niveau du SNC est lié à la dégradation des protéines et des acides aminés au cours de l'effort. Cette augmentation serait corrélée à l'augmentation de la fatigue perçue par les athlètes.
- La température cérébrale limiterait, elle-aussi, l'effort. En effet, l'augmentation importante de la température au cours d'un effort entraînerait une augmentation de la sécrétion de prolactine, hormone impliquée dans la sensation d'épuisement. Par ailleurs, cette augmentation de température centrale induirait une réponse comportementale diminuant l'envie de réaliser un effort (23).

2.4.2. Fatigue musculaire périphérique

Cette fatigue périphérique survient en aval de la jonction neuromusculaire : elle concerne l'ensemble des modifications survenant au niveau musculaire.

2.4.2.1. Ions lactate et hydrogène (H⁺)

L'explication du modèle cardio-vasculaire durant l'effort cycliste indique que la fatigue survient à la fois par la diminution de la capacité du cœur à fournir suffisamment d'oxygène pour le travail musculaire et par l'atténuation de la capacité du système cardio-

vasculaire à éliminer les déchets produits par le muscle à l'effort tels que l'acide lactique (28). Pendant longtemps, l'acide lactique a été considéré comme le responsable de la fatigue musculaire, basé sur le fait que, pendant l'exercice intense, le métabolisme anaérobie lactique libère des protons H^+ et des lactates. Cependant, le lactate n'est pas le « déchet » qui empoisonne le muscle à l'effort mais le témoin d'une production intense d'ATP qui va permettre à l'athlète de s'adapter au changement brusque et rapide de la dépense énergétique. Néanmoins, une augmentation soudaine d'intensité entraîne une accumulation protonique et donc une acidité musculaire. Diverses hypothèses ont été suggérées afin d'expliquer l'influence de l'accumulation de protons sur la baisse de force contractile (29). In vitro, l'accumulation d'ions H^+ entraîne une baisse de pH qui inhibe l'activité de l'enzyme régulatrice de la glycolyse, provoquant l'arrêt de cette dernière et donc une diminution de la synthèse d'ATP. En parallèle, l'augmentation de la concentration en H^+ modifie le couplage excitation-contraction en empêchant les ions calciums d'interagir avec les sites calciques de la troponine, bloquant ainsi la contraction musculaire. Cependant, ces données expérimentales ne sont pas vérifiées in vivo et à température physiologique, il existerait une faible corrélation entre la diminution du pH et la force contractile. Cette acidose pourrait néanmoins agir sur le transport de l'oxygène et sa décharge en diminuant l'affinité de l'hémoglobine pour l'oxygène (effet Bohr) (30). De plus, si l'acidose est responsable, en partie, des douleurs se produisant dans le muscle, à la fin d'un effort intense, elle n'explique pas les douleurs apparaissant quelques heures plus tard. L'acide lactique est éliminé en vingt minutes grâce à une récupération active et en deux heures avec une récupération passive (31). Toutefois, bien que l'acide lactique ne semble pas impliqué dans le mécanisme algique ultérieur, les travaux de Nicol et al. (32) suggèrent qu'il pourrait tout de même favoriser l'apparition des courbatures. Ainsi, lorsque l'intensité de l'effort augmente, en mode concentrique (plus coûteux que le mode excentrique), le muscle se retrouve en état d'acidose. La réalisation d'efforts excentriques, à ce moment-là, favoriserait l'apparition de micro-lésions.

2.4.2.2. Phosphate inorganique

Le phosphate inorganique semble être impliqué dans la limitation de la performance liée à la fatigue. En effet, lors d'un effort, le phosphate inorganique rentrerait dans le réticulum sarcoplasmique et précipiterait en phosphate de calcium, diminuant ainsi la quantité de calcium disponible (23) et limitant donc la contraction musculaire.

Néanmoins, les concentrations en phosphate reviendraient à leurs valeurs initiales au bout de 20 minutes (33) et ne seraient donc pas impliquées dans la limitation des performances ultérieures.

2.4.2.3. Déplétion en glycogène

Cette diminution intramusculaire en glycogène, lors de l'effort, est l'un des facteurs les plus reconnus à l'heure actuelle. En effet, les efforts de longue durée auxquels sont soumis les coureurs cyclistes impliquent une demande importante en glycogène pouvant aboutir à terme à un état d'hypoglycémie ayant des conséquences néfastes sur la performance. Il a été montré que cette déplétion devenait importante pour des intensités atteignant 60 à 80% de la VO₂max (volume maximale d'oxygène) et contribuerait à la fatigue lors des exercices prolongés et épuisants en diminuant la libération de Ca²⁺ ce qui provoquerait alors une diminution plus rapide de la force musculaire (34). La resynthèse totale des stocks de glycogène peut durer jusqu'à 48 heures. Par conséquent, lors d'une récupération en l'absence de glucose, les stocks de glycogène ne sont pas rétablis et les fibres musculaires se fatiguent beaucoup plus vite lors d'une course ultérieure.

Tous ces changements, survenant durant l'effort, sont de courtes durée et transitoires. Cependant, certains paramètres demandent davantage de temps avant d'être restaurés. Ainsi, la sensation de raideur et d'inconfort musculaire, suite à un effort intense, peut persister pendant plusieurs jours. Ces douleurs musculaires d'apparition retardée (DOMS) sont communément associées dans la littérature aux « courbatures »,

2.5. Les douleurs musculaires retardées

Les DOMS sont définies comme étant « *une douleur diffuse des corps musculaires, suite à une surcharge mécanique (effort)* » (35) intense et/ou inhabituel. Cette douleur survient environ 12 heures après l'effort pour atteindre son maximum entre 24 et 72 heures et peut persister entre 5 et 7 jours. Ces DOMS s'accompagnent d'une baisse de force, d'une diminution des amplitudes articulaires, de douleurs, d'un œdème et d'une diminution des qualités proprioceptives. Initialement, la douleur est localisée au niveau de la région distale du muscle ; les récepteurs à la douleur étant très nombreux au niveau de la jonction myotendineuse. De plus, l'arrangement oblique des fibres juste

avant cette jonction diminue leur résistance aux forces de tractions. A ce niveau-là, des lésions microscopiques peuvent donc se produire. Plusieurs théories ont été proposées pour expliquer le mécanisme lésionnel des DOMS. A l'heure actuelle, l'apparition des lésions musculaires précédant la mise en place de processus inflammatoires semble l'hypothèse la plus plausible pour expliquer les DOMS (31,36–38).

2.5.1. Les lésions musculaires

La théorie des lésions musculaires, proposée par Hough initialement, pourrait donc être le mécanisme principalement impliqué dans l'apparition des courbatures. Cette hypothèse se traduit par une perturbation de la structure contractile du muscle et par des lésions associées du sarcolemme. Afin de soutenir cette théorie, les taux de créatine kinase (CK), marqueur fiable de la rhabdomyolyse, ont été mesurés avant et après l'effort. Les microlésions à l'effort, provoquant la rupture des structures contractiles et des dommages du sarcolemme, entraînent la diffusion de la CK dans le liquide interstitiel. Dans des conditions normales, les taux sont d'environ 100 IU/L. Après un exercice, de type excentrique, favorisant d'autant plus les courbatures, ces taux peuvent augmenter jusqu'à 40 000 IU/L (37). Néanmoins, ces microlésions surviennent au moment de l'effort alors que les DOMS n'apparaissent qu'à partir de 12 à 48 heures. Selon Newham et al. (39), ces dommages seraient les prodromes de lésions plus étendues responsables du processus inflammatoire nécessaire à leur résorption.

2.5.2. Mécanisme inflammatoire

A la suite de ces microlésions, trois phases, selon Armstrong, caractérisent le processus inflammatoire (40) :

- Le 1^{er} stade dit « **auto-génique** » correspond aux premières heures après l'effort. Il est marqué par le début du processus de dégradation des structures membranaires endommagées.
- Le 2^{ème} stade « **phagocytaire** » : cette phase est marquée par l'accumulation des globules blancs, tels que les neutrophiles, sur le site de la lésion. Ces neutrophiles sont libérés au niveau de la moelle osseuse, puis migrent vers le tissu traumatisé pour envahir le siège de la lésion. Ils se transforment par la suite en phagocytes. Ainsi, une augmentation de pression et de température se produit au sein du muscle, ce qui amplifie la décharge spontanée des nocicepteurs III et IV, situés principalement au niveau de la jonction myo-tendineuse. La stimulation des

terminaisons de ces fibres nociceptives aboutit à la libération de la substance P qui favorise la sensation de douleur diffuse.

- Enfin, vient le 3^{ème} stade dit de « **régénération** » qui peut s'étendre sur plusieurs jours en fonction de la gravité des lésions.

Le processus de récupération revêt donc une importance majeure, notamment dans les sports nécessitant de concourir à plusieurs reprises au sein d'une même compétition, tel que le cyclisme. « *Pour un athlète, récupérer signifie restaurer la performance maximale le plus rapidement possible, dans le but de pouvoir enchaîner et répéter des exercices à haute intensité (41).* » En l'absence d'une récupération suffisante, le cycliste ne peut pas reproduire l'effort suivant à l'intensité requise. C'est pourquoi, les coureurs font appels à des stratégies de récupération supplémentaires telles que le massage.

III. Le massage

3.1. Présentation

L'utilisation du massage remonte à de nombreuses civilisations. En effet, certains écrits indiquent que le massage était utilisé dès 2330 avant J.C comme un moyen thérapeutique efficace permettant d'éviter l'utilisation de remèdes administrés par voie orale. Mais il faudra attendre le début du 19^{ème} siècle, sous l'impulsion de Per Henrik Ling, pour que le massage soit réellement introduit à travers le monde. Il élabore sa « gymnastique suédoise » qui représente le support de nombreuses techniques actuelles de massage (42). Aujourd'hui, le massage est un acte à part entière du masseur-kinésithérapeute, défini, selon l'article R4321-3 du code de la Santé Publique, comme « ... toute manœuvre externe, réalisée sur les tissus, dans un but thérapeutique ou non, de façon manuelle ou par l'intermédiaire d'appareils autres que les appareils d'électrothérapie, avec ou sans l'aide de produits, qui comporte une mobilisation ou une stimulation méthodique, mécanique ou réflexe de ces tissus ». Aussi, l'usage du massage s'accroît progressivement dans le milieu sportif pour devenir, aujourd'hui, une coutume.

3.2. La place du massage dans le monde sportif

Bien que les effets du massage soient régulièrement remis en question par de nombreux auteurs, il reste l'acte le plus pratiqué dans le but d'améliorer la récupération sportive. Ainsi, lors des Jeux de Pékin en 2008, 2356 actes de masso-kinésithérapie ont été réalisés pour la récupération et 63% de ces actes concernaient le massage (43).

Il peut être utilisé avant l'effort, en échauffement, afin de préparer le sportif à l'effort et prévenir le risque de blessures mais aussi après l'effort dans le but de limiter les dommages physiologiques causés par l'activité. C'est d'ailleurs dans cet objectif de récupération que son utilisation est la plus développée. Les athlètes, entraîneurs soutiennent son intérêt comme un moyen efficace de récupération. Ainsi, dans le milieu du cyclisme, Greg LeMond affirme que le massage est l'un des facteurs ayant contribué à sa performance et qu'il n'aurait pas pu gagner sans. Il explique que sur les événements, tels que le tour de France, les cyclistes sont amenés à fournir leur capacité maximale à chaque étape, et cela pendant 20 jours. Les muscles se contractent, la douleur s'installe et la fatigue apparaît. Cependant, il n'y a pas assez de temps entre les épreuves pour permettre aux muscles de récupérer, le massage est donc utilisé pour accélérer le processus. Il admet néanmoins que le massage n'est pas une technique de récupération exclusive. L'athlète doit également refaire son stock de glucides et de lipides, bien s'alimenter et se reposer (1).

3.3. Les différentes techniques

A l'heure actuelle, les techniques employées dans le domaine sportif, notamment pour la récupération, sont issues du massage suédois. Cinq techniques sont fréquemment utilisées dans les recherches : effleurage, pétrissage, tapotement, friction et vibration (44).

- **L'effleurage** : cette technique engage des mouvements lents et enveloppant de la main par simple glissement de contact sur la peau. Elle est souvent utilisée pour débiter le massage afin de prendre contact avec le sujet mais également en fin de séance pour favoriser un arrêt progressif du massage.
- **Le pétrissage** : il ne peut être appliqué que sur des régions charnues du corps. Le but de cette manœuvre est de saisir puis isoler un volume musculaire, et d'effectuer une alternance de pression-dépression.
- **Tapotement** : cette technique consiste à réaliser des percussions, à l'aide de la surface palmaire concave, dans le but de faire vibrer les tissus et de provoquer une

vasodilatation. Le but serait de disperser le liquide interstitiel résultant de l'inflammation.

- **Friction** : il s'agit de mouvements circulaires ou transversaux par rapport aux structures sous-jacentes, appliqués par le bout des doigts.
- **Vibration** : ces vibrations sont générées par un tremblement des 2 mains. L'objectif de cette technique serait de réduire l'œdème.

3.4. Bases physiologiques du massage

3.4.1. Effets sur la circulation et la clairance du lactate

Selon DUFOUR, le massage favoriserait la vasodilatation des vaisseaux sanguins, grâce à plusieurs actions. De par son action mécanique de frottements, le massage engendrerait une vasodilatation superficielle à l'origine d'une augmentation de chaleur. Ensuite, il permettrait la sécrétion de substances vasodilatatrices. Cette vasodilatation favoriserait l'apport des éléments nutritifs et de l'oxygène, tout en permettant l'élimination des déchets métaboliques (45).

Par ailleurs, Harichaux et coll. (46), ont démontré, grâce à l'analyse par échodoppler, que le massage améliorerait la vitesse du retour veineux. Pour que cet effet soit optimal, il est préconisé d'avoir un rythme lent. En effet, l'efficacité du massage est diminuée si le rythme est trop rapide car il ne permet pas un remplissage complet des troncs veineux (45).

Comme le système circulatoire fonctionne en circuit fermé, plusieurs auteurs ont émis l'hypothèse que le massage, en agissant sur le système veineux, pouvait également avoir une action sur le système artériel. Shoemaker et al. (47) ont utilisé la technique du Doppler afin de quantifier ces effets. Cependant, ils n'ont noté aucune variation significative du débit ou du diamètre des artères brachiales et fémorales avant, pendant et après massage.

Enfin, plusieurs études (48,49) ont montré que le massage n'avait pas d'influence sur la clairance du lactate. Seule la récupération active poursuivie après un effort permettrait une diminution plus rapide des taux de lactate.

3.4.2. Effets sur le système musculo-tendineux

Après un effort, le massage favoriserait la décontraction musculaire (45). Ce relâchement permettrait une souplesse musculaire et donc diminuerait la raideur

apparaissant après l'effort. Néanmoins, les quelques études ayant mesurées les effets du massage sur l'amplitude articulaire n'ont pas noté de changements significatifs (50). Ogai et al. (51) ont tout de même mis en évidence une moindre augmentation de la raideur musculaire suite à deux exercices intenses lorsque ceux-ci étaient séparés de 10 minutes de pétrissage. Il semblerait cependant que les étirements représentent une méthode plus simple et plus efficace que le massage pour agir à cet effet (50).

Aussi, le massage favoriserait la mobilité des fascias et des aponévroses. En étirant les fibres musculaires, le massage diminuerait la formation des adhérences au niveau tissulaire (45).

Drust et al. ont également noté une augmentation de température musculaire après un massage du muscle vaste latéral. Néanmoins, cette augmentation ne s'est produite qu'à 1,5 cm et 2,5 cm de profondeur. Aucune différence significative n'a été mesurée à 3,5 cm (52).

3.4.3. Effets sur le système nerveux

Le massage diminuerait les informations douloureuses arrivant au cerveau grâce au phénomène du « Gate control ». Le message douloureux est transmis jusqu'au cerveau par des nocicepteurs à la douleur. Ce message douloureux emprunte des nerfs de petit calibre et de vitesse lente. Le message généré par le toucher lors du massage emprunte quant à lui des fibres de gros calibres dont la vitesse est nettement supérieure. L'information tactile vient alors inhiber les informations nociceptives en provenance des fibres nerveuses à conduction plus lente (43).

Par ailleurs, le massage favoriserait la sécrétion de substances antalgiques, telles que la sérotonine ou les endorphines (50,53).

3.4.4. Effets psycho-physiologiques

Lors d'un effort, les athlètes peuvent être soumis à un stress important, tant au niveau psychique que physiologique. Les effets psychologiques du massage semblent particulièrement importants. Il favoriserait la relaxation générale en diminuant l'expression des marqueurs de stress tels que le cortisol (54). Ainsi, Weinberg et Jackson (55) ont comparé, sur une population d'étudiants, les effets de 30 minutes de massage à la pratique d'activités physiques (natation, jogging, tennis,...). Seuls les massages et le

jogging ont montré une amélioration significative de l'humeur, avec une diminution de la fatigue et de l'anxiété. Ces effets psychologiques semblent influencer grandement le processus de récupération.

Dans une méta-analyse, Moyer et al. ont également noté une diminution de l'anxiété et de la dépression après un massage (56).

IV. Problématique et hypothèses de recherche

Mon expérience personnelle, au sein de l'équipe Brest Iroise Cyclisme 2000 (ancienne équipe cycliste amateur de division nationale 1) m'a permis de constater que l'usage du massage pour favoriser la récupération est une coutume familière dans le milieu du cyclisme. Les coureurs, devant réitérer leurs efforts sur plusieurs jours, ont pour habitude de se faire masser chaque soir après la course. Ils cherchent ainsi à diminuer leurs temps de récupération de manière à être performant le lendemain. Néanmoins, malgré cette pratique répandue, certains cyclistes m'ont régulièrement questionné sur les effets du massage post-effort, sur sa faculté ou non à favoriser la récupération. Devant l'incapacité à leur répondre de manière concrète, mon intérêt pour le sujet à commencer à naître.

Bien qu'il soit l'acte le plus employé dans le domaine de la récupération sportive, de nombreux auteurs remettent régulièrement en question son efficacité pour un usage sportif.

Comme nous l'avons vu, le massage semble apporter de nombreux bénéfices tels qu'une augmentation du flux sanguin, une décontraction musculaire ou encore une sensation de bien-être. On peut dès lors supposer qu'il pourrait avoir un effet bénéfique sur la récupération des athlètes.

Certes, la science commence à émerger sur l'efficacité du massage post-effort, néanmoins ses effets sur la récupération ainsi que ses conditions d'applications restent encore controversés. De là, se dégage une problématique, pour être en mesure de répondre aux athlètes :

Le massage, réalisé après un effort cycliste, permet-il de favoriser la récupération des coureurs ?

Les critères permettant d'évaluer la récupération des athlètes entre deux courses sont nombreux et variables entre les études. Néanmoins, pour un athlète pratiquant la compétition, la recherche permanente de résultats semble être le but ultime de tous leurs sacrifices. De fait, le rétablissement de la performance représente un des aspects les plus pertinents des stratégies de récupération pour les athlètes. De plus, avec l'évolution actuelle des méthodes d'entraînements et des équipements sportifs, les performances ont considérablement augmenté au cours de ces dernières années et aujourd'hui les marges d'amélioration des résultats sont si réduites que les athlètes sont prêts à se livrer à tous les processus favorables pour améliorer leurs performances (57). On peut donc penser que **le massage post-effort pourrait améliorer la performance ultérieure chez les coureurs cyclistes en comparaison à une récupération passive.**

De plus, comme décrit précédemment, l'altération de la performance le lendemain pourrait être liée aux douleurs musculaires retardées, apparaissant après l'effort, et qui sont importantes à prendre en compte notamment chez les coureurs cyclistes devant réitérer leurs efforts. On peut donc penser que la diminution des douleurs ressenties par l'athlète pourrait améliorer leurs performances ultérieures. Certes, la perception de la douleur est subjective et varie d'un individu à l'autre, mais il s'agit de la conséquence la plus négative ressentie après un effort, ce qui la rend importante à prendre en considération (58). **Le massage post-effort pourrait diminuer la douleur musculaire chez les coureurs cyclistes en comparaison à une récupération passive.**

Dans un premier temps, devant le manque de recommandations scientifiques, il convient de réaliser une synthèse de la littérature en lien avec le massage, la douleur et/ou la performance pour en ressortir les conditions d'applications recommandées, les biais, les améliorations envisageables, les suggestions de chaque étude, en les confrontant aux conditions des courses cyclistes et ainsi pouvoir proposer un protocole de recherche tentant de vérifier ces 2 hypothèses :

- **Le massage post-effort améliorerait la performance ultérieure chez les coureurs cyclistes en comparaison à une récupération passive.**
- **Le massage post-effort pourrait diminuer la douleur musculaire chez les coureurs cyclistes en comparaison à une récupération passive.**

METHODOLOGIE

I. Interrogation des bases de données

La recherche documentaire a été effectuée le 12 décembre 2018 à la Bibliothèque Universitaire du pôle santé de Brest, à partir de 5 mots clés : massage, récupération, performance, douleurs musculaires, sport. Pour réaliser cette recherche, les bases de données suivantes, choisies en fonction de ma maîtrise, ont été utilisées : PubMed, Scopus, Cochrane, PEDro. Les équations de recherche utilisées pour chaque base de données figurent dans la partie annexe (**Annexe III**). A partir de 806 résultats obtenus initialement, 69 articles ont potentiellement été identifiés.

II. Sélection des données

Toutes les études ont été sélectionnées en fonction de leur pertinence et de leur capacité à répondre au contexte souhaité. Pour cela, différents critères ont été utilisés pour la sélection des articles. Une étude a été incluse si elle présentait les conditions suivantes :

- Etant plus à même de maîtriser le Français et l'Anglais, les articles devaient être rédigés dans l'une de ces deux langues.
- Une intervention de massage devait être effectuée. Ici, les techniques de massage se rapportant aux techniques du massage suédois ont été incluses.
- L'intervention de massage devait être réalisée dans un contexte de récupération, c'est-à-dire après un effort.
- Les sujets ne devaient pas présenter de troubles physiques pouvant influencer les résultats.
- Une condition de contrôle avec une récupération passive devait exister. Les sujets pouvaient agir comme leur propre contrôle ou être répartis au hasard en différents groupes : un groupe interventionnel et un groupe contrôle.

2.1. Selon le diagramme de flux PRISMA

Après avoir interrogé les bases de données citées ci-dessus et avoir lu les titres et les résumés, 69 articles ont été sélectionnés. Parmi ces derniers, les doublons ont été supprimés pour obtenir un total de 29 articles. 5 articles ont dû être supprimés immédiatement. En effet, 2 ont combiné en une seule intervention le massage et la

surélévation des jambes et le massage avec le port de compression. De plus, 3 revues systématiques n'ont pas été incluses puisqu'elles n'étaient pas pertinentes dans le contexte souhaité ou, de par leur ancienneté, elles n'ont pas intégré tous les articles publiés à ce jour. Puis, après une première lecture attentive des 24 articles, ont été supprimés ceux qui ne répondaient pas aux critères d'inclusions : 2 études ne comportaient pas de condition contrôle avec une récupération passive. Les autres études ont été supprimées car elles ont intégré des étirements dans leur protocole en supplément du massage ou ont utilisé des techniques différentes que le massage suédois.

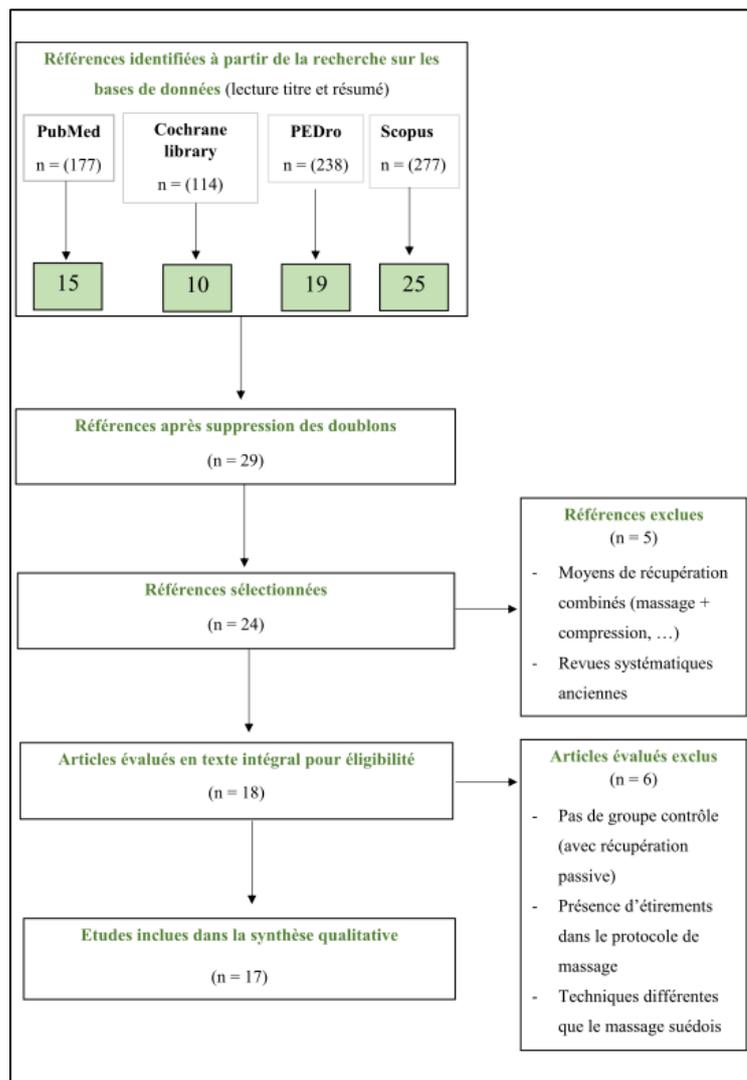


Figure 5 – Diagramme de flux PRISMA

Au total, 18 articles ont été inclus dans cette revue et 17 études ont été intégrées dans l'analyse de qualité des études (**Figure 5**). Une méta-analyse pertinente, réalisée en 2016, a évalué les effets du massage de récupération post-effort en lien avec la performance ultérieure. Ayant utilisée des bases de données différentes, d'autres articles ont été

intégrés dans cette méta-analyse. Elle a été évaluée indépendamment et confrontée aux résultats de la revue non systématique réalisée pour ce travail de recherche.

2.2. Classification et évaluation de la qualité des articles

Pour analyser les résultats, en l'absence de recommandations scientifiques, les études ont été classées en fonction de différents critères dans le but de connaître potentiellement les conditions d'application optimales :

1. La durée du massage
2. Le type d'effort effectué pour induire la fatigue
3. Le temps séparant le massage du premier effort ainsi que celui séparant le deuxième effort du massage
4. Les techniques de massage utilisées

Pour évaluer la qualité des études, la grille « Checklist for Measuring Quality » (**Annexe IV**) a été utilisée puisqu'elle peut être appliquée, peu importe le design de l'étude, à tous les articles quantitatifs. Rédigée en anglais, elle comprend 27 items qui sont regroupés en cinq catégories : la qualité de l'étude, la validité externe, les biais de l'étude, les biais de facteurs confondants et de sélection ainsi que la puissance de l'étude. Il est possible de calculer un score total pour chaque étude car les items sont rédigés sous forme de question à choix multiples correspondant chacune à un nombre de points. Le score total s'élève à 32. Toutes les questions offrent la possibilité de répondre par 0 ou 1 sauf l'item numéro 5 (deux points) et l'item numéro 27 (cinq points). Néanmoins, un seul point a été attribué pour ce dernier car aucun outil ne permettait de calculer la puissance de l'étude : un point a donc été attribué aux études ayant calculé la taille de l'échantillon nécessaire et zéro si l'étude ne donnait pas de précision à ce sujet. Le score total, ici, est donc de 28 points.

2.3. Extraction de l'information

Pour faciliter la lecture des articles et l'analyse des résultats, des fiches de lecture ont été réalisées pour chacune des 17 études. Ces fiches de lecture avaient pour but de résumer les données essentielles et ainsi faciliter l'accès à l'information pour le document final. Pour cela, un modèle de fiche de lecture (**Annexe V**) a été réalisé de manière à pouvoir retrouver rapidement les informations tout en y apposant des notes complémentaires. A partir de ces fiches de lecture, un tableau a été créé de manière à pouvoir superposer les études.

RESULTATS

I. Etudes incluses

Etudes	Sujets inclus	Exercices responsables de la fatigue	Temps entre effort et massage	Massage (durée, localisation, techniques, thérapeute)	Temps entre massage et post-test	Mesures de la performance	Performance	Douleur post-effort
Lane et Wenger, 2004	10 hommes actifs (18-30 ans)	18 minutes de cyclisme avec des sprints intermittents	0 minute	15 minutes de massage sur les 2 membres inférieurs (MI) (quadriceps, IJ, triceps sural) : effleurage, vibration, friction, compression, 1 masseur-kinésithérapeute.	24h	18 minutes de cyclisme avec des sprints intermittents	Le massage a permis de maintenir la puissance. Il n'y a pas eu de diminution significative du travail total entre les deux efforts.	
Monedero and Donne, 2000	18 cyclistes masculins ($\approx 25 \pm 0,9$ ans, $5 \pm 0,3$ ans d'expérience en cyclisme)	Effort maximal de 5 kms de cyclisme sur home trainer	0 minute	15 minutes de massage sur les 2 MI (face postérieure) : effleurage, tapotement, 1 seul masseur-kinésithérapeute.	5 minutes	5 kms de cyclisme sur home trainer	Seule la récupération combinée (massage + récupération active) a montré une augmentation moyenne du temps sur 5 kms significativement plus faible comparée aux autres interventions (massage, récupération active, récupération passive).	
Delestrat et al., 2012	8 hommes (23 \pm 3 ans) et 8 femmes (22 \pm 2 ans) des 4 ^{èmes} équipes de basket de la première ligue universitaire	25 minutes d'un match de basket	0 minute	30 minutes de massage sur les faces antérieure et postérieure des 2 MI : effleurage, pétrissage, 1 seul masseur-kinésithérapeute.	24h	Saut vertical Sprint : 10x30 mètres	Saut vertical : le massage a permis une amélioration non significative par rapport au groupe contrôle, surtout dans le groupe des femmes. Sprint : aucun effet.	
Bielik 2010	11 juniors élites de l'équipe cycliste hors-route de Slovaquie ($\approx 19,29 \pm 1,38$ ans)	3 tests de Wingate entrecoupés de 4 minutes de récupération passive	0 minute	20 minutes sur le cou, le dos, et les faces antérieure et postérieure des 2 MI : effleurage, tapotement, 1 seul masseur-kinésithérapeute.	0 minute	Mesure de la puissance lors du test de Wingate	Le massage n'a pas montré de différence significative de la puissance par rapport au groupe contrôle.	
Jönhagen et al., 2004	8 femmes et 8 hommes actifs (≈ 28 ans), pratiquant différents sports 2 à 3 fois par semaine	300 contractions excentriques du quadriceps	10 minutes	3x12 minutes de massage sur la face antérieure de la cuisse : effleurage, pétrissage, répétées chaque jour par 1 seul masseur-kinésithérapeute.	0 minute	Saut vertical Force du quadriceps	Les résultats étaient similaires pour le saut vertical et la force : il n'y a pas eu de différence significative entre le massage et le groupe contrôle directement après et au 3 ^{ème} jour.	La douleur, évaluée à l'aide de l'échelle EVA, n'a pas montré de différence significative entre les deux groupes.
Mancinelli et al., 2006	22 joueuses collégiennes de basketball et volleyball ($\approx 20 \pm 0,93$ ans)	3 jours intenses d'entraînement et d'exercices de force	0 minute	17 minutes de massage sur les 2 cuisses, 2 thérapeutes avec 3 ans d'expérience : effleurage, pétrissage, vibration	3 minutes	Saut vertical Test de la navette	Le massage a permis une amélioration significative du saut vertical mais non significative pour le test de la navette.	Il y a eu une diminution significative de la douleur dans le groupe massage (EVA + mesure de la douleur à l'algorithme de pression).
Ogai et al., 2008	11 femmes étudiantes ($\approx 21,1 \pm 0,9$ ans) pratiquant du sport au moins 3 fois par semaine	3 minutes sur vélo entrecoupées de sprints	5 minutes	10 minutes de massage sur les 2 MI (quadriceps, TA, GAS, IJ, moyen fessier) : pétrissage	20 minutes	3 minutes sur vélo entrecoupées de sprints	Le massage a permis une amélioration significative de la performance (puissance totale) en comparaison au groupe contrôle.	
Hilbert et al., 2003	18 sujets ne pratiquant pas de compétitions ($\approx 20,4$ ans)	6 séries de 10 contractions excentriques des IJ droits	2h	20 minutes de massage d'un MI (IJ) : effleurage, tapotement, pétrissage, 1 étudiant en kinésithérapie.	4h 22h 46h	Pic de force des IJ	Amélioration non significative de la performance à 6h et 48h par rapport au groupe contrôle.	L'intensité de la douleur, mesurée par une échelle de douleur, était significativement plus faible dans le groupe massage, 48h après.
Kargarfar d, 2015	30 hommes bodybuilders (28,77 \pm 3,54 ans avec 2 ans d'expérience)	5 séries à 75-77% de la charge maximale des extenseurs/flexisseurs du genou	2h	30 minutes sur la face antérieure/médiale de la cuisse utilisée pour l'exercice : effleurage, pétrissage et vibration, 1 masseur-kinésithérapeute avec 3 ans d'expérience.	0h 24h 48h 72h	Saut vertical Force maximale isométrique	Amélioration significative de la performance (saut + force maximale isométrique) par rapport au groupe témoin, notamment à 72h.	Les résultats ont montré que la douleur était significativement inférieure dans le groupe massage par rapport au groupe témoin. (EVA)
Tiidus et Shoemaker, 1995	9 sujets étudiant(e)s (20-22 ans)	7 séries de 20 contractions excentriques du quadriceps	1h	4x10 minutes de massage sur une cuisse répétées chaque jour : effleurage par 1 masseur-kinésithérapeute.	24h 48h 72h 96h	Pic de force du quadriceps	Amélioration non significative de la force de la jambe massée par rapport à la jambe contrôle.	Les résultats ont eu tendance à montrer une diminution des douleurs musculaires perçues, dans le groupe massage, notamment 48-96 heures après l'effort.
Zainuddin et al., 2005	10 sujets non-entraînés ($\approx 23 \pm 1,3$ ans)	10 séries de 6 contractions excentriques des fléchisseurs du coude	3h	10 minutes de massage sur un bras : effleurage, pétrissage, friction, 1 masseur-kinésithérapeute.	21h 45h 69h 93 h 165 h 237 h 333 h	Pic de force des fléchisseurs du coude	Amélioration non significative de la force après massage par rapport au groupe contrôle.	Les résultats ont montré une diminution significative des douleurs musculaires à la palpation dans le groupe massage : diminution de 20 à 40% comparé au groupe sans massage.

Farr et al., 2002	8 sujets actifs (22 ± 3 ans)	40 minutes de descente en courant	2h	30 minutes de massage sur la face antérieure et postérieure d'un MI : effleurage, pétrissage par un masseur-kinésithérapeute.	22h 70h 118h	Contraction isométrique et isocinétique de genou Saut vertical	Le massage n'a pas montré de différence significative évidente pour les 2 tests de performance.	Les résultats ont montré une diminution de la douleur musculaire au niveau de la jambe massée (EVA + algomètre de pression).
Weber et al., 1994	40 femmes volontaires non entraînées (18-35 ans)	Exercices excentriques des fléchisseurs du coude jusqu'à apparition de fatigue	0 minute	2x8 minutes de massage sur le bras, répétées chaque jour : effleurage, pétrissage	24h 48h	Contraction maximale isométrique	Il n'y a pas eu de différence significative entre le massage et le groupe contrôle.	Le massage n'a pas permis de diminuer significativement le niveau de douleurs musculaires (EVA) par rapport au groupe contrôle.
Smith et al., 1994	14 hommes actifs, non-entraînés (20.1 ± 1.1)	5 séries d'exercices excentriques des fléchisseurs et extenseurs du coude	2h	30 minutes de massage d'un membre supérieur : effleurage, pétrissage				Les résultats, évalués par EVA, ont montré une diminution de l'intensité de la douleur dans le groupe massage.
Nunes et al., 2016	74 athlètes ayant réalisé un Ironman	Ironman	Directement après la compétition.	7 minutes de massage du quadriceps : effleurage, pétrissage, tapotement par un masseur-kinésithérapeute.				Il y a eu une diminution significative de la douleur dans le groupe massage à l'EVA mais pas à l'algomètre de pression.
Lightfoot et al., 1997	31 collégiens actifs	4x15 répétitions d'exercices excentriques (heel drop)	0 minute 24h	2x10 minutes de massage de la jambe gauche : pétrissage. 1 seul masseur-kinésithérapeute.				L'évaluation de la douleur, à l'aide de l'EVA, n'a pas montré de différence entre les 2 jambes (massée/non massée).
Frey Law et al., 2008	44 sujets (22 hommes, 22 femmes) (23.3 ± 3.5 ans)	3 séries de contractions excentriques des extenseurs du poignet avec 1 à 2 minutes de repos entre les séries	0 minutes	6 minutes de massage de l'avant-bras : effleurage, pétrissage. 1 seul masseur-kinésithérapeute.				Les résultats ont montré, grâce à l'EVA et à l'algomètre de pression, une diminution de la douleur 48 heures après l'exercice excentrique.

Tableau 1 - Tableau de comparaison des études incluses (Annexe VI)

La méta-analyse, réalisée par Poppendieck et al. (2016) (59), a été la première incluse dans cette revue de littérature puisque les auteurs ont analysé de manière rigoureuse les résultats des études en lien avec le massage post-effort et la performance ultérieure. De par la pertinence à synthétiser et à analyser statiquement l'avancée des connaissances, cette méta-analyse a donc été incluse directement. L'objectif était de poursuivre leur travail de recherche en rajoutant l'indicateur de la douleur.

A partir des bases de données utilisées, 17 études, répondant aux critères d'inclusion, ont ensuite été intégrées. Parmi ces études, 13 se sont intéressées à la performance ultérieure (51,60–71) et 12 (64–75) ont analysé, uniquement ou en parallèle, la douleur post-effort. Un aperçu des études est regroupé dans le **Tableau 1**. Ce dernier regroupe les sujets inclus, les efforts réalisés pour déclencher la fatigue, le test de mesure de la performance, la durée du massage, sa localisation ainsi que les techniques utilisées, le temps entre l'effort et le massage et le temps entre le massage et le test de performance.

1.1. Qualité et limites des études

L'évaluation de la qualité des études se trouve dans la partie annexe (**Annexe VII**) : les scores finaux varient de 15/28 pour Zainuddin et al. (68) à 21/28 pour Mancinelli (64). Ainsi, ces scores, plutôt bas, montrent que les résultats de ces études sont à prendre avec précaution.

Un des biais inhérents à ce type d'étude concerne la difficulté voire l'impossibilité d'aveugler à la fois les investigateurs et les sujets sur le type d'intervention qu'ils vont recevoir. En effet, si un patient connaît le traitement qu'il reçoit, efficace ou non, il réagira potentiellement de manière différente. Ces facteurs subjectifs concernent également les évaluateurs de l'étude voulant démontrer leurs hypothèses. Seul Mancinelli et al. (64) et Nunes et al. (73) ont indiqué que les examinateurs étaient aveuglés et n'avaient donc pas connaissance du traitement réalisé.

L'étude de Mancinelli et al. (64) est également la seule étude où deux thérapeutes ont réalisé des massages. Cette démarche peut représenter un biais dans la mesure où les thérapeutes sont susceptibles d'utiliser des pressions différentes lors du massage, ne rendant pas comparable les massages entre eux. Dans toutes les autres études, un seul masseur-kinésithérapeute a été utilisé. Néanmoins, ce choix limite aussi le nombre de sujets inclus.

Par ailleurs, trois études seulement ont mentionné avoir tenu compte de l'alimentation/hydratation avant les journées de test (60,62,66). Comme nous l'avons vu dans la partie concept, une alimentation adéquate permet de fournir plus ou moins d'énergie. Sans une alimentation contrôlée, les sujets ne seront donc potentiellement pas égaux en termes de performance. Ce point sera détaillé dans la partie discussion.

Enfin, dans 5 études, il a été demandé aux sujets de s'abstenir de réaliser des exercices intenses les jours précédents les tests (60,62,66,68,71). Si un sujet a réalisé un effort intense les jours précédents, il pourra éventuellement être plus fatigué, lors des séances de tests, qu'un autre sujet qui n'aura pas effectué d'efforts préalables.

Ces biais seront donc intéressants à prendre en compte lors de la proposition d'un protocole de recherche interventionnelle.

II. Résultats et analyse des études

2.1. Durée du massage

2.1.1. Résultats

Parmi les 13 études ayant analysé l'influence du massage sur la performance ultérieure, 7 ont utilisé des massages de courte durée (inférieure ou égale à 15 minutes) et 6 autres ont utilisé des massages de plus longue durée (17 à 30 minutes). Parmi les massages de courte durée, seul Ogaï et al. (51), qui ont appliqué un massage de 10 minutes sur les 2 membres inférieurs, ont montré une augmentation significative de la performance ultérieure en comparaison au groupe contrôle. Aussi, Lane et al. (60), après un massage de 15 minutes sur les 2 membres inférieurs, ont montré un maintien de la puissance lors du deuxième effort dans le groupe massage : seul le groupe avec récupération passive a observé une diminution significative de la performance lors du deuxième effort. Pour les massages de plus longue durée, 2 études (64,66) ont montré une amélioration significative de la performance ultérieure par rapport au groupe témoin, tandis que les 4 autres études n'ont pas montré de différence significative. Ainsi, Kargarfard (66) a réalisé un massage de 30 minutes sur la face antérieure et médiale d'une cuisse. Il a noté une amélioration significative de la performance, à la fois pour le saut vertical et pour la force maximale isométrique, notamment à 72 heures. Néanmoins, l'étude de Mancinelli et al. (64) qui a trouvé une amélioration significative du saut vertical après 17 minutes de massage sur les 2 cuisses, n'a pas noté cette même différence significative pour le deuxième test de performance effectué : le test de la navette. Les résultats sont donc à prendre avec du recul puisqu'ils varient au sein d'une même étude ayant analysé deux tests de mesure de la performance.

Devant ce manque de résultats pertinents, la méta-analyse de Poppendieck et al. (59) a regroupé les études en lien avec le massage et la récupération de la performance et a approfondi les recherches. Cette méta-analyse a montré un plus large effet pour des durées courtes de massage de 5 à 12 minutes et a trouvé un effet négligeable pour les massages de 30 minutes.

Concernant la douleur, 7 études ont utilisé des massages de courte durée (entre 6 et 12 minutes). Parmi ces études, 4 (67,68,73,75) ont montré une diminution significative des douleurs dans le groupe massage en comparaison avec une récupération passive. Les 3 autres (70,71,74) n'ont pas observé de différence significative par rapport au groupe

témoin. Pour les massages de plus longue durée (17-30 minutes), toutes les études ont montré une diminution significative des douleurs musculaires post-effort dans le groupe massage par rapport au groupe témoin.

2.1.2. Analyse des résultats

Les massages de courte durée (6 à 12 minutes), selon Poppendieck et al. (59) auraient un effet supérieur sur la performance ultérieure. Si cette condition était confirmée, le massage de courte durée permettrait aux thérapeutes de traiter un plus grand nombre de coureurs. Néanmoins, cette modalité ne semble pas se vérifier sur la diminution des douleurs musculaires post-effort pour lesquelles tous les massages de plus longue durée ont permis une diminution significative de l'intensité des douleurs. Aussi, ces résultats sont à prendre avec du recul car il est difficile de comparer les études entre elles. En effet, pour exemple, Delextrat et al. (62) ont réalisé un massage de 30 minutes sur l'ensemble des 2 membres inférieurs tandis que Nunes et al. (73) ont ciblé le massage pendant 7 minutes sur un seul muscle, le quadriceps. Ce qui pourrait être considéré comme un massage court s'avère en fait être une durée longue pour une seule zone musculaire. Pour les coureurs cyclistes recrutant quasiment l'ensemble des muscles des membres inférieurs lors du mouvement de pédalage, il serait pertinent de se rapprocher d'une durée de massage de 30 minutes afin d'avoir un temps suffisamment long et pertinent pour masser à la fois la face antérieure et postérieure des membres inférieurs. Sur ce point, comme nous l'avons vu dans la partie concept, un massage trop rapide ne permet pas de remplir complètement les troncs veineux. Par ailleurs, Poppendieck et al. (59) soulignent que, parmi les études intégrées dans sa méta-analyse et ayant utilisées des massages de courte durée, le post-test a été réalisé immédiatement après. Les auteurs suggèrent donc que les résultats positifs trouvés pour des massages de durée courte ne seraient en fait dus qu'à un effet psychologique à court terme sur les performances ultérieures dû au fait que le deuxième effort ait été réalisé immédiatement après. Dans ce cas, les résultats trouvés n'évalueraient pas la capacité du massage à accélérer le processus de récupération mais seraient plutôt dus à un aspect psychologique.

2.2. Type d'effort induisant la fatigue

2.2.1. Résultats

En s'intéressant aux études en lien avec le massage et la performance ultérieure, différents exercices ont été utilisés pour induire la fatigue. 4 études ont réalisé un effort en endurance (60–62,69). Seule l'étude de Lane (60), qui a réalisé un effort de 18 minutes de cyclisme, a montré un maintien de la puissance lors de la performance ultérieure dans le groupe massage tandis que la récupération passive a entraîné une diminution significative de la puissance. 6 autres études ont utilisé la force pour induire la fatigue (65–68,70,71). Les résultats de Kargarfard et al. (66), ayant réalisé 5 séries de répétitions à 75-77% de la charge maximale des fléchisseurs et extenseurs du genou, sont les seuls à avoir montré une amélioration significative de la performance ultérieure après que les athlètes aient été massés, en comparaison au groupe témoin. Pour les autres études ayant utilisé la force, il n'y a pas eu de différence significative. D'autres études ont, quant à elles, utilisées un effort de sprint : Ogaï et al. (51) ont demandé à 11 femmes étudiantes d'effectuer 3 minutes de cyclisme entrecoupées de sprints et ont montré une amélioration significative de la performance ultérieure dans le groupe massage. Bieliak et al. (63) ont quant à eux demandé à leurs athlètes d'effectuer 3 fois 30 secondes de sprints mais n'ont pas montré de différence significative par rapport au groupe témoin. Une seule étude a réalisé des efforts mixtes alliant force et endurance (64) : dans l'étude de Mancinelli et al. (64), réalisé sur 3 jours d'entraînements intensifs, le massage a permis une amélioration significative d'un test ultérieur (saut vertical) mais pas du second (test de la navette) en comparaison avec le groupe témoin.

En approfondissant les résultats de manière statistique, Poppendieck et al. (59) ont montré un plus large effet du massage sur la performance ultérieure après des efforts mixtes. Pour les exercices de force, d'endurance et de sprints, ils n'ont trouvé que des effets négligeables.

En s'intéressant plus particulièrement à la douleur post-effort, seules 3 études n'ont pas montré de diminution significative : Jonhagen et al. (71) ont réalisé un effort de force (300 contractions excentriques du quadriceps), Weber et al. (70) ont massé 40 sujets féminins volontaires après des contractions excentriques du biceps jusqu'à apparition de la fatigue, et Lightfoot et al. (74) ont demandé à leurs sujets de réaliser des contractions

excentriques des fléchisseurs plantaires. Aucune de ces études n'a montré de diminution significative de la douleur par rapport au groupe contrôle.

2.2.2. Analyse des résultats

Poppendieck et al. (59) ont souligné que les effets les plus importants du massage ont été trouvés après des exercices mixtes. Ici aussi les résultats sont à intégrer avec prudence car, dans certaines études, ayant réalisé un effort d'endurance, l'exercice n'était pas suffisamment intense pour induire de la fatigue. Les sujets, au moment du post-test, étaient totalement rétablis à leur niveau de base, même sans avoir reçu une intervention de récupération. Alors que dans les études ayant utilisé la force ou des exercices mixtes pour induire la fatigue, cela ne s'est pas produit. Ces études ont cherché à réaliser des efforts très intenses pour induire des douleurs musculaires. Néanmoins, bien que ces exercices soient efficaces pour induire de la fatigue, ils se rapprochent peu des efforts réels. Ainsi, peu d'études ont réalisé des efforts proches des situations vécues en compétitions. Poppendieck (59) suggère que le massage pourrait éventuellement avoir un effet positif après des exercices d'endurance, cependant, il souligne que l'effort doit être suffisamment intense pour déclencher de la fatigue.

Rappelons que les cyclistes sont amenés à réaliser des efforts durants lors de courses de 2h à 5h/jour. En parallèle de cet effort durand, ils doivent s'adapter aux variations d'allures au sein du peloton et sont donc amenés à sprinter et à changer de rythme durant les courses.

2.3. Temps entre effort 1 – massage et massage – effort 2

2.3.1. Résultats

6 études (60–64,70) ont réalisé le massage directement après le premier effort et 3 (61,63,64) d'entre elles ont effectué la mesure de la performance immédiatement après le massage. Les trois autres (60, 62, 70) ont attendu 24h après le massage pour réaliser le 2^{ème} effort. 2 études (51,71) ont quant à elles attendu 5 à 10 minutes après le premier effort avant de réaliser le massage : Jonhagen (71) a ensuite effectué le 2^{ème} effort directement après tandis que Ogaï (51) a attendu 20 minutes. Les 5 dernières études (65–69) ont attendu entre 1h et 3h après le 1^{er} effort pour réaliser le massage. Tiidus (67), Zainuddin (68) et Farr (69) ont ensuite attendu le lendemain avant de réaliser le deuxième effort.

Kargarfard (66) a, quant à lui, réalisé le 2^{ème} effort immédiatement après le massage alors que Hilbert (65) a attendu 4 heures.

Les résultats varient considérablement entre chaque étude, il est très difficile de tirer des conclusions définitives sur le moment où l'application du massage pourrait être la plus efficace sur la performance ultérieure. Pour Poppendieck et al. (59), le massage est apparu avoir plus d'effet lorsque la récupération était courte (5-10 minutes). Pour des temps de récupération plus longs, les effets n'étaient pas clairs ou négligeables, selon eux.

6 études ont réalisé le massage entre 1h et 3h après l'effort et ont ensuite évalué la douleur. Toutes ont noté une diminution significative de la douleur par rapport au groupe contrôle, 24h après (66,69) et 48h après (65-67). Zainuddin et al. (68) ont même noté une réduction de 20 à 40% de la sévérité des douleurs par rapport au groupe témoin. De plus, dans l'étude de Smith et al. (72), la douleur perçue était nettement inférieure par rapport au membre non massé de 24h à 96h post-effort. Pour les massages réalisés directement après l'effort (0-10 minutes), les résultats sont moins clairs : Jonhagen (71), Weber (70), et Lightfoot (74) ne notent pas de différence significative entre les 2 groupes. Nunes et al. (73) n'ont pas retrouvé de différence significative par rapport au groupe contrôle avec l'évaluation de la douleur grâce à l'algomètre de pression mais ils ont tout de même noté une diminution significative de la douleur perçue mesurée sur l'échelle visuelle analogique (EVA), dans le groupe massage. Seuls Mancinelli et al. (64) et Frey Law et al. (75), ayant réalisé un massage immédiatement après l'effort ont pu noter une diminution significative des douleurs par rapport au groupe contrôle, notamment 48 heures après pour Frey Law.

2.3.2. Analyse des résultats

Concernant les effets positifs du massage trouvés pour des intervalles courts de récupération, Poppendieck et al. (59) sont allés plus loin et ont suggéré l'hypothèse que le bénéfice du massage pourrait être uniquement expliqué par les effets « pré-massage » sur le post-test et disparaîtrait au bout de quelques heures. En effet, il se pourrait que les effets psychologiques du massage soient plus forts directement après l'intervention de récupération et pourraient donc contribuer à l'amélioration des performances observées dans les études. Par ailleurs, concernant le temps entre le premier effort et le massage, Poppendieck et al. (59) ont suggéré que pour avoir des effets durables du massage, une pause pourrait être bénéfique. Cette hypothèse a été proposée par Smith et al. (72), qui

ont réalisé le massage 2 heures après l'effort en se basant sur des résultats physiologiques. En effet, lors d'un effort, des micro-lésions se créent au sein de la structure musculaire. Pour réparer ces lésions, des cellules vont agir sur le site lésionnel, engendrer une inflammation pour aboutir à la cicatrisation de ces lésions. Ces cellules sont, entre autres, les neutrophiles. Smith et al. (72) ont montré qu'en réalisant un massage 2 heures après un effort maximal, cela permettait d'augmenter le flux sanguin. Le taux de neutrophiles en circulation augmente et ils ne peuvent plus atteindre le site de l'inflammation à cause des cisaillements trop importants engendrés par les vaisseaux sanguins. Par conséquent, le massage viendrait stopper l'inflammation et en l'absence de ce processus inflammatoire, les douleurs diminueraient. Des conclusions définitives sont néanmoins difficiles à tirer à l'heure actuelle.

2.4. Techniques de massage utilisées

2.4.1. Résultats

Toutes les études intégrées ont utilisé des techniques de massage suédois. 4 études se sont intéressées plus particulièrement à un type de massage : le pétrissage et l'effleurage. En effet, Ogaï et al. (51) ont utilisé la manœuvre de pétrissage pour réaliser leur massage aux 2 membres inférieurs. Ils ont constaté une amélioration significative de la performance et une diminution des douleurs musculaires après massage par rapport au groupe témoin. Néanmoins, ces résultats ne coïncident pas avec ceux trouvés par Lightfoot et al. (74), pour lesquels le massage n'a pas permis de diminuer de manière significative les douleurs par rapport au groupe témoin. Kargarfard et al. (66) ont, quant à eux, utilisé la technique d'effleurage pour leur massage aux 2 membres inférieurs. Ils ont montré une amélioration significative de la performance ultérieure, notamment à 72h et une diminution des douleurs musculaires en comparaison avec le groupe témoin. Tiidus (67) a également utilisé la technique d'effleurage. Il a constaté une diminution des douleurs musculaires après l'effort dans le groupe massé mais pas de différence significative de la performance par rapport au groupe témoin.

2.4.2. Analyse des résultats

Ces résultats montrent que des études supplémentaires seraient utiles pour confirmer l'usage de ces deux techniques, les plus utilisées, dans un contexte de récupération sportive. Il est compliqué de tirer des conclusions des autres études

puisqu'elles ont utilisé une combinaison de techniques, rendant difficile l'analyse des résultats. En effet, il est impossible de définir si une technique a eu plus d'effets qu'une autre. Une des solutions, pour résoudre ce problème, pourrait être de comparer, au sein d'une même étude, 2 techniques de massage différentes.

III. Synthèse

Durée du massage : Poppendieck souligne que les résultats positifs trouvés pour des massages de durée courte ne seraient en fait liés qu'à un effet psychologique de « pré-massage sur le post-test » dû au fait que les auteurs aient réalisé le post-test immédiatement après des massages de durée courte. La plupart des études ayant utilisé des massages de courte durée n'ont ciblé qu'un seul muscle ou un seul membre. Cependant, les cyclistes recrutent tous les muscles des membres inférieurs. Pour obtenir une durée cohérente permettant de masser chacun des muscles des coureurs, le massage devrait se rapprocher d'une durée de 30 minutes, durée qui a permis de diminuer les douleurs musculaires post-effort.

Type d'effort : Certaines études ont réalisé des efforts qui n'étaient pas suffisamment intenses pour induire une fatigue. D'autres, au contraire, ont réalisé des efforts dans le seul but de déclencher des douleurs musculaires post-effort. Les conclusions des études suggèrent d'approfondir les recherches en utilisant des protocoles qui se rapprochent des efforts vécus en course.

Moment d'application : Poppendieck suggère, dans le but d'éviter l'effet de pré-massage et de pouvoir évaluer son rôle sur la récupération, de retarder le post-test après l'application du massage. Par ailleurs, les études suggèrent de réaliser une pause entre le premier effort et le massage afin d'avoir des effets à plus long terme. L'hypothèse de Smith, selon laquelle, le massage stopperait le processus inflammatoire et donc atténuerait la douleur, suppose de réaliser le massage deux heures après le premier effort.

Techniques de massage : Il est difficile de déterminer une technique plus efficace qu'une autre. Seules les techniques d'effleurage et de pétrissage ont été utilisées dans la plupart des études et ont même fait l'objet d'études en particulier. Quelques résultats positifs ont pu être exprimés mais des recherches complémentaires sont nécessaires pour démontrer le rôle de ces deux techniques, les plus utilisées.

Tableau 2 – Tableau synthèse des études

A la suite de cette revue de littérature on se rend compte que peu d'études se sont intéressées à des sujets en compétition. Par raison de facilité d'avoir recours à une population telle que des étudiants ou des sujets actifs, peu d'auteurs ont étudié l'intérêt du massage de récupération chez les athlètes de compétition. Bien que des résultats positifs, dans certaines conditions, semblent montrer l'efficacité du massage de récupération à atténuer les douleurs post-effort, les résultats restent encore contradictoires quant à la performance. D'autres études sont donc nécessaires, dans les conditions détaillées ci-dessus (**Tableau 2**), pour justifier l'utilisation du massage de récupération dans les équipes cyclistes. Afin d'adapter ces protocoles interventionnels au monde du cyclisme et poursuivre la recherche des données scientifiques dans le domaine du massage, la suite de ce travail est consacrée à la présentation d'un protocole de recherche adapté, ce qui permettra par ailleurs d'approfondir la vérification des hypothèses de travail émises précédemment, chez les coureurs cyclistes.

IV. Proposition d'un protocole

4.1. Type d'étude

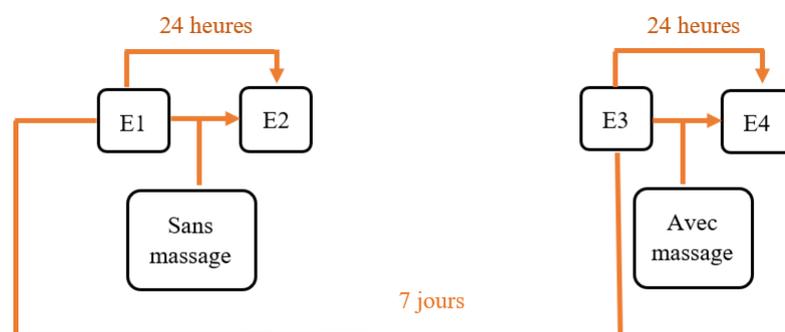


Figure 6 – Schéma de l'étude de type cross-over

L'étude est une étude de type cross-over (**Figure 6**). Le sujet est son propre témoin. Le cycliste réalisera deux séries de tests séparés de 24 heures (une série = une épreuve à J0 suivie de la même épreuve à J+1) à 1 semaine d'intervalle. La première série de tests sera réalisée sans massage entre les deux efforts. Lors de la 2^{ème} série, le cycliste bénéficiera d'un massage après le premier effort, ce qui permettra d'illustrer l'influence possible du massage de récupération sur la douleur post-effort et la performance ultérieure.

L'étude devra être menée en accord avec la loi Jardé relative aux recherches impliquant la personne humaine. Chaque cycliste devra donner son consentement libre et éclairé.

4.2. Outcomes

Le premier indicateur mesuré sera la variation de performance sportive entre deux efforts séparés de 24 heures, avec et sans massage.

Le second indicateur permettra d'évaluer la douleur post-effort ressentie par le sujet.

4.3. Population

Les cyclistes seront recrutés par l'intermédiaire de mails (questionnaire informatisé) envoyés au comité départemental et régional de cyclisme. Si le cycliste répond positivement, il sera recontacté afin de lui expliquer le déroulement de l'étude et obtenir son consentement éclairé écrit.

Des cyclistes masculins inscrits en club seront inclus. Ils devront être âgés de 18-30 ans et avoir réalisé un test d'effort au préalable (entre 1 et 3 mois avant le protocole). Ce test d'effort, réalisé en laboratoire en présence d'un médecin, évaluera la puissance maximale aérobie (PMA), la fréquence cardiaque (FC) maximale et la cadence moyenne de pédalage.

Les sujets fumeurs ou n'ayant pas signé de consentement éclairé ne seront pas inclus. Tous les cyclistes avec antécédents de pathologies cardio-vasculaires, orthopédiques ou métaboliques pouvant influencer négativement la capacité du sujet à effectuer un exercice à haute intensité ne seront pas inclus.

Pour participer à l'étude, les sujets ne devront pas avoir réalisé d'effort intense 2 jours avant chaque série de test. Le cycliste ne devra pas prendre de nourriture 3 heures avant chaque session de test, ni de boissons énergétiques pouvant influencer les résultats du test.

Un recueil de données sera réalisé pour chaque sujet afin de nous renseigner sur ses données démographiques (âge, sexe), son volume d'entraînements par semaine ainsi que son niveau sportif.

4.4. Matériel

Le test sera réalisé sur un home trainer relié à un capteur de cadence et de puissance. L'home trainer est un appareil fixe qui permet de faire du vélo sur place grâce

à un rouleau qui exerce une résistance sur la roue arrière. Chaque cycliste apportera son vélo. Une ceinture cardiaque sera mise en place afin de contrôler l'effort du sujet.

Pour chacun des sujets, un essai du matériel sera réalisé avant les sessions de mesure pour permettre aux athlètes de prendre en main le matériel.

Toutes les séries de test se dérouleront dans une salle avec air conditionné pour maintenir la température ambiante (20 degrés).

4.5. L'effort

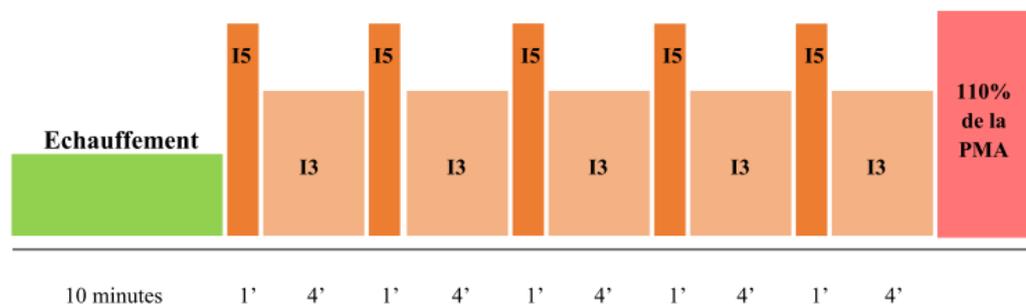


Figure 7 – Effort de type Gimenez

L'échauffement débutera par 10 minutes de pédalage à une puissance de 40 % de la puissance maximale aérobie (PMA) déterminée lors du test d'effort. Ensuite, le cycliste effectuera un effort réalisé à partir du test de Gimenez élaboré d'après l'échelle d'estimation subjective de l'intensité de l'effort (**Annexe VIII**) par Grappe et al. (**Figure 7**). L'effort est construit de telle sorte : 5 x [1' à intensité 5 + 4' à intensité 3]. L'intensité 3 correspond à un effort compris entre 60 et 75% de la PMA tandis que l'intensité 5 correspond à un effort compris entre 85 et 100% de la PMA. Après cet effort, l'athlète devra maintenir une puissance à 110% de la PMA le plus longtemps possible. Pendant toute la durée de l'effort, la cadence devra être maintenue à +/-5 tours par minute de la puissance moyenne réalisée lors du test d'effort.

4.6. Conditions de récupération

Entre les 2 premiers efforts, il n'y aura donc pas de massage. Néanmoins, entre les 2 derniers efforts, l'athlète bénéficiera d'un massage. Entre les efforts espacés de 24h, le cycliste ne devra pas utiliser de moyens pouvant influencer sa récupération : électrothérapie, cryothérapie, boissons de récupération, récupération active ... Entre

chaque test, l'athlète remplira un questionnaire recensant ses conditions de sommeil, ses prises de repas. Ces conditions devront être semblables entre chaque série.

Temps	Techniques	Localisation
Décubitus dorsal (8 minutes)		
1 min	Effleurage	Global face antérieure (segment cuisse droite)
1 min	Pétrissage	VM droit
1 min	Pétrissage	DF droit
1 min	Pétrissage	VL droit
1 min	Effleurage	Global face antérieure (segment cuisse gauche)
1 min	Pétrissage	VM gauche
1 min	Pétrissage	DF gauche
1 min	Pétrissage	VL gauche
Décubitus ventral (22 minutes)		
1 min	Effleurage	Global face postérieure (segment jambier et cuisse droite)
2 min	Pétrissage	GF droit
4 min	Pétrissage	IJ droit
2 min	Pétrissage	GM droit
2 min	Pétrissage	GL droit
1 min	Effleurage	Global face postérieure (segment jambier et cuisse gauche)
2 min	Pétrissage	GF gauche
4 min	Pétrissage	IJ gauche
2 min	Pétrissage	GM gauche
2 min	Pétrissage	GL gauche

Figure 8 – *Protocole de massage*

Lors de la 2^{ème} série, le massage sera réalisé, 2 heures après le premier effort, sur une table de massage. Un seul masseur-kinésithérapeute diplômé d'état pratiquera afin d'être le plus reproductible possible.

Comme nous l'avons vu dans la partie concept, la plupart des muscles du membre inférieur est sollicitée chez le coureur cycliste ; la durée du massage choisie pour cette étude sera donc de 30 minutes afin de pouvoir accéder à chacun des muscles. Un chronomètre avec signal et le protocole de massage (**Figure 8**) en format papier sera mis à disposition du masseur-kinésithérapeute afin qu'il puisse connaître le moment indiquant de changer de techniques et de zones de massage.

4.7. Deuxième effort

Le deuxième effort sera réalisé 24h après le premier. Il sera identique au premier effort. Ce deuxième effort permettra de comparer le temps maintenu à 110% de la PMA avec le temps obtenu lors du premier test, avec et sans massage.

4.8. Mesures

Les mesures se feront grâce à un chronomètre qui déterminera le temps tenu à 110% de la PMA, en seconde. Le critère d'évaluation sera la différence de rapport de temps entre le 2^{ème} effort et le 1^{er} effort de la 2^{ème} et de la 1^{ère} série.

L'évaluation de la douleur ressentie se fera grâce à l'échelle visuelle analogique. Cette échelle permet, à l'aide d'une ligne droite de 10 cm, de quantifier l'importance de la douleur de l'athlète. L'une des extrémités correspond à l'absence de douleur tandis que l'autre extrémité correspond à une douleur insupportable ; le sujet devant mobiliser un curseur le long de la ligne droite et le positionner à l'endroit où se situe le mieux sa douleur. Les mesures du score de douleur se feront après chaque effort.

DISCUSSION

I. Construction du protocole

1.1. Type d'étude

La Haute Autorité de Santé (HAS) a publié, en 2013, les niveaux de preuve pour les études d'intervention, plaçant les essais contrôlés randomisés comme le gold standard des essais cliniques. Ces essais, consistant à comparer un groupe expérimental testant une nouvelle intervention/thérapeutique à un groupe contrôle servant de comparaison (= contrôlé), sont souvent qualifiés de « gold standard » de par leur capacité à minimiser certains biais. En effet, l'affectation des sujets, de manière aléatoire (= randomisé) dans chacun des groupes permet d'obtenir une plus grande similitude entre les groupes. Aussi, l'évolution naturelle des symptômes peut intervenir dans les résultats : si la proportion de guérisons spontanées est élevée, l'efficacité d'un traitement sera difficile à prouver sans groupe témoin, d'où la nécessité de réaliser une étude « contrôlée » (76). Néanmoins, la mise en place d'un tel essai pour évaluer les effets du massage post-effort chez les coureurs cyclistes présente quelques difficultés.

En effet, les recherches ont montré qu'une augmentation des stocks de glycogène avant l'effort permettait aux athlètes d'accroître leur autonomie avant l'apparition de la fatigue et d'améliorer leurs performances lors d'un effort intense et prolongé (77). Aussi, Skein et al. (78) ont récemment montré qu'une diminution des réserves en glycogène pouvait survenir en cas de nuit blanche, en lien avec l'énergie dépensée par l'athlète lors d'un éveil forcé. Ce manque de sommeil semble fortement impacter les performances sportives tel que le suggère Pilcher et Huffcutt (79) qui ont constaté qu'une privation partielle de sommeil (< 5 heures) affectait négativement les performances. Par ailleurs, ce manque de sommeil engendrerait une perte de motivation (80) et une baisse de la tolérance à la douleur de l'athlète (81). Il en résulte donc que ces deux variables sont difficilement contrôlables dans un essai contrôlé randomisé puisqu'elles peuvent varier grandement entre les sujets. Effectivement, certains cyclistes peuvent avoir fait le plein des stocks de glycogènes et donc débiter l'effort avec un réservoir d'énergie rempli. Ainsi, les résultats pourront être biaisés si un athlète a ingéré plus de glucides et dispose d'un sommeil optimal avant les séries de test.

Pour pallier à cela, certaines études regroupées dans ce travail ont fait le choix d'utiliser le membre controlatéral comme témoin. Les auteurs ont ainsi appliqué le massage sur une jambe ou un bras et ont ensuite comparé les effets avec le côté controlatéral. Néanmoins, comme Ernst (82) le souligne, le massage peut avoir un effet au niveau du corps entier. Il suggère donc d'éviter cette conception.

Par conséquent, la solution, pour diminuer ces biais, a été de proposer un protocole de type cross-over après discussion avec l'équipe de recherche et d'intervention du CHRU de Brest. Ce type d'étude a pour but d'utiliser le sujet comme son propre témoin, les biais liés aux autres modes de récupération pouvant ainsi être plus facilement contrôlés en demandant à l'athlète de reproduire les mêmes conditions de récupération (alimentation, sommeil) entre chaque série.

1.2. Choix de l'effort

De nombreuses études incluses dans cette revue de littérature non systématique ont utilisé des protocoles d'exercices ayant pour unique but de provoquer le maximum de douleurs musculaires. Par exemple, Jönhagen et al. (71) ont demandé à 16 sujets actifs de réaliser 30 contractions excentriques du quadriceps. De même, Hilbert et al. (65) et Tiidus et al. (67), ont respectivement utilisé, chez 18 sujets non-entraînés 6 séries de 10 contractions excentriques des ischio-jambiers et chez 9 sujets non-entraînés 7 séries de 20 contractions excentriques du quadriceps. Ces protocoles, bien que pertinents pour déclencher des DOMS ne reflètent pas la réalité du terrain. En effet, il est rare qu'un athlète utilise, au cours d'une compétition, uniquement des contractions excentriques (31). Sur ce point, Poppendieck (59) souligne la nécessité d'utiliser des protocoles d'efforts se rapprochant des conditions réelles du sport pratiqué.

De plus, il semble important d'utiliser des protocoles suffisamment intenses pour déclencher la fatigue. En effet, comme nous l'avons vu, dans certaines études ayant utilisé des efforts d'endurance pour induire la fatigue, les sujets étaient totalement rétablis avant le 2^{ème} effort, sans même avoir eu recours à des stratégies de récupération, ce qui laisse présager que l'effort n'était pas suffisamment intense.

Les cyclistes sont amenés à réaliser des efforts intenses sur route pendant des durées relativement longues (2 à 5 heures de course). Cependant, il est très difficile de réaliser une étude en extérieur en raison du parcours, de la météo et de la puissance développée

qui peut varier selon le circuit. Seulement 3 études ont fait le choix de mettre en place leur protocole dans des conditions réelles de compétitions ou d'entraînements (Ironman, basketball, volleyball) (62,64,73). Toutes les autres ont réalisé leur étude dans des conditions intérieures contrôlées. C'est pourquoi, afin de limiter ces biais et pouvoir contrôler les paramètres vitaux du coureur, le choix de réaliser l'étude en intérieur a été privilégié.

Bien qu'il paraisse compliqué de faire pédaler un cycliste durant 2 à 5 heures sur un home-trainer, le protocole Gimenez se rapproche des situations de course. En effet, il reproduit les variations d'allure se produisant au sein d'une course cycliste. Ainsi, selon les zones d'intensité en cyclisme, élaborée par Frédéric Grappe, chercheur en science du sport et directeur de la performance au sein de l'équipe cycliste professionnelle Groupama-FDJ, la zone 3 (60 à 75% de la PMA) correspond à un rythme rapide pouvant être maintenu pendant 2 heures au sein du peloton par exemple. La zone 5, correspond, quant à elle, à un départ d'échappée, à une augmentation rapide de la douleur musculaire. L'intérêt de finir par un effort à 110% de la PMA est de simuler une arrivée de course. Cette durée maintenue à 110% de la PMA pourra ensuite être comparée à l'effort précédent. Après ce dernier effort, le cycliste ne devra plus pédaler : la récupération active étant considérée comme un autre moyen de récupération faisant l'objet d'autres investigations. En effet, la récupération active pourrait accélérer l'élimination des métabolites et le retour à l'homéostasie suite à un exercice de haute intensité. De par sa capacité à augmenter le débit sanguin local et favoriser l'élimination des déchets musculaires, elle accélérerait les processus de régénération musculaire (43).

Par ailleurs, plusieurs études ont fait le choix de réaliser, immédiatement après ce premier effort, le massage et le deuxième test de performance. Ce choix peut être pertinent dans la mesure où il permet de faire disparaître les biais inhérents au sommeil, à l'alimentation, etc... Néanmoins, en réalité, peu de courses nécessitent de réitérer un effort directement après un premier. Lors d'une course cycliste, certaines épreuves ont lieu le matin et doivent être renouvelées l'après-midi. Cependant, ces situations sont rares et dans la majorité des cas, les deux efforts sont séparés de 24 heures. La réalisation du massage et du deuxième effort immédiatement après apparaît donc peu pertinent pour évaluer les effets du massage post-effort chez les coureurs cyclistes. De plus, comme détaillé auparavant, les DOMS apparaissent aux environs de 12 heures après l'effort. En suivant ce principe, cela signifie que les chercheurs, en réalisant l'effort immédiatement après

n'ont pas laissé suffisamment de temps pour permettre aux douleurs musculaires retardées d'apparaître. Le choix de réaliser le second effort 24 heures après, dans ce protocole, se justifie donc par la volonté de se rapprocher des conditions réelles de course cycliste tout en ayant conscience que ce choix ouvre la porte à des biais plus importants : les sujets devant s'alimenter et dormir entre les deux efforts.

1.3. Choix du protocole de massage

1.3.1. Moment d'application

Des conclusions définitives sont encore difficiles à tirer quant au moment optimal pour appliquer le massage après l'effort mais seule l'étude de Smith et al. (72) se réfère à des résultats physiologiques. Selon eux, l'apparition des DOMS ressemblent à la cascade d'événements observés dans le cycle inflammatoire aiguë. Ils partent du principe que deux heures après l'apparition des dommages musculaires, des infiltrats commencent à s'accumuler sur le site de la lésion. Le massage de récupération réalisé à ce moment-là permettrait d'atténuer l'accumulation des globules blancs le long des parois vasculaires et donc celle des macrophages qui dépend de cette migration initiale des globules blancs sur le site de la lésion. Ces macrophages contribueraient intimement à l'activation des nocicepteurs de la douleur de par la production de prostaglandines, médiateurs chimiques impliqués dans les processus inflammatoires. Le massage réalisé 2 heures après l'effort stopperait donc cette migration des globules blancs, l'accumulation des macrophages et de fait, réduirait l'intensité des douleurs des courbatures. Dans leur étude, Crane et al. (83), ont étudié les effets du massage sur l'atténuation des processus inflammatoires induits par des dommages musculaires après un effort. Ils en sont arrivés à la même conclusion que Smith et al. (72). A partir de biopsies musculaires réalisées 2,5 heures après l'effort, ils ont constaté que massage permettrait une diminution de la synthèse de prostaglandines et une réduction de la phosphorylation des protéines de chocs thermiques 27 atténuant ainsi le stress cellulaire. Ces résultats ont été obtenus en l'absence d'effet sur les métabolites musculaires (glycogène, lactate).

Ainsi, le moment choisi pour ce protocole est de deux heures après le premier effort. Toutefois Cohen (31) précise qu'il est souhaitable de prendre ces données avec précautions puisque la taille d'échantillon est faible dans les études et bien que le massage appliqué à ce moment puisse montrer une diminution de la douleur, il ne semble pas avoir d'effet sur la performance ultérieure.

1.3.2. Techniques utilisées

Comme la littérature n'a pas clairement justifié l'utilisation d'une technique de massage par rapport à une autre, le choix a été d'utiliser les 2 techniques qui ont été les plus employées dans les études et qui ont même fait l'objet d'une étude en particulier : l'effleurage et le pétrissage. Toutes les autres études ont, quant à elles, utilisé un mélange de techniques (effleurage, pétrissage, tapotement, vibration, friction) ce qui rend difficile l'évaluation des résultats puisqu'il semble impossible de dire si les résultats obtenus sont la finalité d'une technique en particulier. Quelques résultats positifs ont pu être exprimés pour l'effleurage et le pétrissage mais des recherches complémentaires sont nécessaires pour démontrer le rôle de ces deux techniques. Par ailleurs, l'utilisation de la technique d'effleurage, superficielle, est souvent justifiée pour permettre un premier contact avec la personne. C'est pourquoi, elle est régulièrement utilisée en début de traitement.

1.3.3. Durée

Comme détaillé précédemment et lors de l'analyse des études, Poppendieck et al. (59) ont souligné que plusieurs études ont fait le choix de pratiquer des massages de courtes durées et de réaliser le deuxième effort directement après. Néanmoins, ils suggèrent que les résultats positifs trouvés pour ces durées courtes de massage pourraient être dus à un « effet psychologique à court terme de pré-massage sur le post-test » et n'évalueraient pas la capacité d'accélérer le processus de récupération du massage. Les athlètes venant de se faire masser « se sentiraient plus en mesure de réaliser le 2^{ème} effort ». Ils suggèrent donc de prendre du recul sur les résultats apportés par ces études dans un contexte de récupération. Par ailleurs, les massages de plus longue durée ont tous permis de diminuer la douleur post-effort.

Sur ce point, Bielik (63) suggère que dans trop d'études la durée du massage n'était pas cohérente avec la zone à traiter. De plus, Harrichaux (46) a suggéré qu'un rythme trop rapide ne permettait pas un remplissage complet des troncs veineux. C'est pourquoi, une durée de 30 minutes a été choisie afin d'être cohérente avec la zone musculaire à traiter comme le suggère Bielik (63) et ainsi être en mesure d'aborder la plupart des muscles utilisés pour le pédalage.

II. Limites du travail

Lors de la recherche bibliographique, toutes les études pertinentes, en lien avec le massage, la performance et les douleurs musculaires ont été regroupées sans cibler une population, un effort ou une région musculaire en particulier. En effet, le faible nombre d'études analysant les effets du massage de récupération chez des coureurs cyclistes après un effort à vélo ne permettait pas d'obtenir des résultats suffisants pour être exploités. L'objectif était d'avoir une vision globale de l'avancée des recherches dans le domaine du massage de récupération. C'est pourquoi ce choix a été fait. Néanmoins, il peut occasionner des biais puisque les résultats des études peuvent plausiblement varier en fonction de la population, de l'effort, ou de la zone musculaire étudiée. Aussi, les résultats doivent être appréhender en tenant compte de ce biais.

De plus, le nombre de sujets inclus dans les études est faible et les résultats sont donc difficilement généralisables.

Par ailleurs, un des facteurs importants à prendre en compte est l'expérience du thérapeute. En effet, Moraska a, dans son étude, analysé la manière dont cette expérience pouvait impacter les effets du massage sur la récupération après une course. Pour ce faire, il a assigné au hasard les participants d'une course de 10 kms à un thérapeute possédant 450, 700 ou 950 heures de formation. Les résultats ont montré une amélioration significativement plus importante chez les sujets assignés au thérapeute ayant bénéficié de 950 heures (84). Cette étude suggère que l'utilisation de thérapeutes possédant une expérience ou une formation suffisante est un des facteurs importants à prendre en considération.

Enfin, l'utilisation d'échelle d'auto-évaluation de la douleur peut être un biais. Cette douleur repose essentiellement sur le ressenti du patient, ce qui la rend difficilement quantifiable. L'emploi d'indicateur subjectif de la douleur tel que les échelles d'auto-évaluation nous amènent à nous questionner sur certains points. Le sujet est-il en mesure de déterminer lui-même sa propre douleur ? De plus, cette expérience de la douleur est variable en fonction de notre histoire et de notre éducation. Les résultats pourront donc être influencés en fonction de l'humeur, de l'état de fatigue générale du sujet ou encore du contexte présent.

III. Ouverture

3.1. Autres pistes de réflexion

3.1.1. Le massage : substitut des médicaments anti-inflammatoires ?

Les épisodes douloureux, en particulier dans le domaine du sport, sont souvent traités par des médicaments anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS). Ces AINS font partis des médicaments les plus consommés dans le monde (83). Lors des Jeux Olympiques de Sydney par exemple, les AINS représentaient les médicaments les plus utilisés par les athlètes canadiens (85) et 29% des athlètes de niveau « High School » en consomment en prévention le jour d'une compétition (86). Leur action principale est d'atténuer la douleur en inhibant la synthèse des prostaglandines (cytokines) (87). Néanmoins, ces médicaments ne sont pas sans effets secondaires. Leur utilisation, notamment chronique, engendre, entre autres, une toxicité gastro-intestinale et une atteinte rénale, en particulier chez la personne âgée.

Dans certaines situations, des effets secondaires trop importants ou des interactions avec d'autres médicaments peuvent empêcher l'utilisation des AINS. Le massage pourrait donc s'avérer être une alternative intéressante puisqu'il atténue la production des cytokines inflammatoires par le même mécanisme que les AINS. En diminuant cette production, il atténuerait donc la douleur comme le font les médicaments. Ces résultats alimentent la preuve que la thérapie de massage peut être justifiée dans la pratique médicale pour limiter l'usage de médicaments (87).

3.1.2. Interruption du remodelage musculaire : diminution de la force musculaire et augmentation du risque de blessures ?

Comme nous l'avons vu, la rhabdomyolyse développée lors des DOMS, entrainerait une faiblesse musculaire. Rappelons que la réaction inflammatoire qui s'en suit est une réaction naturelle de l'organisme qui permet de réparer les micro-lésions induites par les DOMS et donc de diminuer cette perte de force. Dans ces conditions, certes le massage serait susceptible d'atténuer la douleur lorsqu'il est réalisé 2 heures après l'effort, en inhibant la réponse inflammatoire à l'origine de douleurs, mais il pourrait s'avérer préjudiciable sur la cicatrisation. Cette hypothèse suggère que le massage, réalisé à ce moment, pourrait avoir des conséquences négatives sur le mécanisme de réparation ultérieur des fibres. Ce propos expliquerait le fait que les études

préalables n'aient trouvé que peu d'effets bénéfiques du massage sur la performance ultérieure mais un effet positif sur la diminution des douleurs.

Néanmoins, Crane et al. (83) ont montré que le massage, loin de vouloir stopper la réaction inflammatoire, jouerait plutôt un rôle de médiateur de l'inflammation. Il favoriserait la biogenèse mitochondriale permettant ainsi une cicatrisation optimale des micro-lésions musculaires. En effet, comme nous l'avons vu, plus le nombre de mitochondries augmente, plus la machine énergétique sera efficace et donc meilleure sera la récupération musculaire.

3.1.3. Le cyclisme : apparition de courbatures ?

Aussi, on peut se questionner sur l'apparition des DOMS chez les coureurs cyclistes. De nombreux auteurs ont étudié les efforts à l'origine des courbatures et en sont arrivés à la conclusion qu'une élongation du muscle se produisait lors de la contraction de ce dernier en excentrique (39,40). Ces travaux permettent donc de justifier l'utilisation de travaux excentriques dans plusieurs études pour produire des douleurs musculaires retardées. Néanmoins, en cyclisme, les muscles sont peu recrutés en excentrique, ce qui nous amène à nous interroger sur la présence de courbatures chez les coureurs cyclistes. Sur ce point, les travaux d'Asmussen et d'Abraham ont montré que même les efforts concentriques peuvent provoquer des douleurs lorsque les forces impliquées sont élevées. Il faut tout de même souligner que le protocole d'exercice utilisé a combiné des contractions musculaires concentriques et excentriques, ce qui peut biaiser les résultats.

Par ailleurs, Tiidus et Ianuzzo (88) ont également utilisé un mélange d'exercices concentriques et excentriques du quadriceps et ont constaté que les niveaux de DOMS et d'enzymes étaient significativement plus élevés lorsque l'intensité et la durée de l'exercice étaient accrues. Mc Cully et Faulkner (89) rejoignent également ce point de vue puisqu'ils ont constaté que les lésions des fibres musculaires étaient liées à la durée et à la force développée au cours de l'exercice.

En conclusion, le cyclisme n'est pas le sport qui utilise le plus de contractions musculaires excentriques, néanmoins un mélange d'efforts concentrique et excentrique sur des longues durées pourrait être responsable des douleurs musculaires rencontrées après l'effort chez les coureurs cyclistes et donc justifier l'utilisation du massage.

3.2. Recherches futures

Afin de justifier l'emploi du massage post-effort dans les équipes sportives, les études doivent être poursuivies en utilisant des échantillons de plus grande taille qui permettraient de renforcer l'action du massage de récupération sur les DOMS et la performance.

Pour continuer à déterminer dans quelles conditions le massage peut être efficace, il pourrait être intéressant de réaliser une série d'études en utilisant un protocole normalisé (même exercice, même protocole de massage, etc ...) en ne faisant varier qu'un seul paramètre à chaque fois. Cela pourrait permettre d'élucider les conditions optimales d'application du massage.

Les études ont beaucoup ciblé la récupération à court terme. Néanmoins, il serait pertinent pour des athlètes de compétition, d'évaluer les effets du massage à long terme, sur une saison entière. Aucune étude, à ma connaissance n'a encore étudié cette possibilité.

3.3. Projection professionnelle

Ce mémoire a été réalisé dans l'objectif de pouvoir répondre aux interrogations des coureurs et plus généralement des équipes sportives. En effet, une de mes opportunités a été de rencontrer les préparateurs physiques, les directeurs sportifs, les athlètes d'une équipe cycliste professionnelle bretonne en parallèle de mon expérience au sein de l'équipe cycliste amateur. Dans leur équipe, tout est mis en place pour favoriser la récupération des athlètes et leur permettre d'être performants le jour J : nutrition, hydratation, entraînements, échauffement d'avant course etc Néanmoins, bien que le massage soit pratiqué de manière empirique après chaque course, ils m'ont fait part de leurs connaissances quant aux effets peu clairs du massage sur la récupération. C'est pourquoi, ils étaient intéressés par ce sujet et par la poursuite de l'avancée des recherches dans ce domaine.

Par ailleurs, m'étant vu proposer un remplacement par un kinésithérapeute en charge d'une équipe professionnelle de cyclisme, il me paraît pertinent de poursuivre les recherches afin de justifier l'utilité de nos pratiques et donc mettre en place de nouveaux protocoles de recherches interventionnelles au sein de telles équipes. Aussi, de par la plus grande facilité à avoir recours à des sujets comme des étudiants, les recherches ont rarement utilisé des athlètes comme sujets. Cependant, leur capacité de récupération est

différente de celles des étudiants peu ou pas entraînés. C'est pourquoi, j'aimerais, lors de ma pratique future, être en mesure de pouvoir exploiter et mettre en place ce protocole proposé.

De plus, la prise en charge d'un patient, telle qu'elle m'est envisagée, ne se résume pas à traiter une pathologie, une déficience mais l'individu dans sa globalité en tenant compte de ses interrogations, de son histoire, du contexte et de ses propres objectifs. Il serait compliqué d'envisager une telle finalité sans la prise en considération d'un travail en équipe, pluriprofessionnel. C'est pourquoi, en tant que masseur-kinésithérapeute, il me semble important de parvenir à expliciter nos actes, à la fois auprès de nos patients mais également auprès des autres professionnels de santé pour justifier l'exercice de notre profession. Il ne suffit pas d'appliquer des techniques qui nous ont été inculquées au cours de notre enseignement mais de les comprendre et de se les approprier. C'est le cas du massage, qui pourrait rapidement être réduit à un acte pratiqué de manière récurrente mais dont les effets ne sont pas encore clairement démontrés.

De plus, j'espère que ce mémoire pourra orienter certains athlètes quant à la compréhension des mécanismes physiologiques se produisant lors d'un effort. Il va de soi que ce travail ne se limite pas à la prise en charge de sportifs mais également de patients pris en charge dans un contexte de rééducation. Ce travail permet de comprendre ce qu'un exercice peut engendrer sur l'organisme et de fait, mettre en place une récupération suffisante et adéquate pour éviter le risque de blessures.

Outre cette vision du sport de haut niveau et de recherche de performances, la mise en place d'activités physiques adaptées pour les patients se développent de plus en plus. Aujourd'hui, ses effets bénéfiques ne sont plus à démontrer sur l'obésité, le diabète de type 2, le cancer, la maladie de Parkinson, la maladie d'Alzheimer, les rhumatismes inflammatoires. C'est pourquoi, en tant que professionnel de santé ayant la volonté de dispenser les meilleurs soins aux patients, il me semble pertinent de comprendre la physiologie et l'impact d'un effort sur le corps pour être en mesure de l'adapter à chaque patient.

Aussi, en France, l'objectif de nombreuses prises en charge est essentiellement ciblé sur le soin, à proprement parlé, des blessures et peu de place est accordée à la prévention. En communiquant et en renforçant nos liens avec les autres professionnels, certaines pathologies, lésions pourraient possiblement être évitées.

Enfin, le point sur lequel il me paraît important d'appuyer est la nécessité de continuer à se former après le diplôme. Les techniques, la compréhension du corps humain évoluant, le thérapeute a, plus qu'un droit, le devoir de faire évoluer ses pratiques afin de s'adapter et répondre aux mieux aux différentes attentes.

CONCLUSION

Pour les athlètes dont le programme de compétitions impose de répéter les courses sur une période de 24 heures ou plus, une récupération rapide est importante. Par conséquent, toutes les méthodes permettant de favoriser le retour de l'environnement interne à des niveaux homéostatiques devraient être utilisées pour être en mesure de réaliser des performances maximales lors des étapes suivantes. A ce jour, beaucoup d'entraîneurs, athlètes sont persuadés de l'effet bénéfique du massage sur l'organisme. Cependant, les données scientifiques concluant que le massage entraîne des changements physiologiques sont limitées, ce qui m'a amené à m'intéresser à ce sujet. Après avoir réalisé une synthèse de la littérature, mon travail s'est porté sur la construction d'un protocole de recherche sur la problématique suivante : **le massage, réalisé après un effort cycliste, permet-t-il de favoriser la récupération des coureurs ?**

A la vue de la littérature, des rapports ont fait progresser notre compréhension quant à l'utilisation du massage pour atténuer les douleurs musculaires liées à l'exercice mais peu de preuves permettent encore de soutenir ou de réfuter ses effets sur la performance sportive ultérieure. Bien que certaines études aient étudié les effets du massage sur la performance sportive ultérieure, les résultats restent encore contradictoires et les auteurs concluent que ces recherches restent un domaine d'investigation. C'est pourquoi, l'intérêt de ce protocole semble justifié pour poursuivre les recherches et permettre de justifier l'utilisation du massage post-effort comme moyen de récupération dans les équipes cyclistes.

Ce travail fut enrichissant puisqu'il m'a permis de développer mes connaissances sur l'effort physique et ses conséquences sur l'organisme pour être en mesure de l'expliquer aux patients et ainsi pouvoir les conseiller sur les moyens de récupération. En effet, au cours de ce travail, en parallèle du massage, j'ai été amenée à me documenter sur la nutrition, l'hydratation, le sommeil, ce qui me semble pertinent dans mon ambition de travailler avec les sportifs.

Par ailleurs, depuis quelques années, le domaine de la recherche en kinésithérapie ne cesse de se développer. Ainsi, ce travail m'a permis d'accroître mes compétences dans la recherche littéraire et le développement d'un esprit critique.

BIBLIOGRAPHIE

1. Cinque C. Massage for Cyclists: The Winning Touch?. *Phys Sportsmed.* 1989 Oct;17(10):166-70.
2. De Smaele G. Du vélocipède à la bicyclette dans les livres et revues de 1817 à 1939: le cheval bleu. Paris : L'Harmattan; 2018. 418 p.
3. Dodge P. La grande histoire du vélo. Paris: Flammarion; 1996. 226 p.
4. INJEP, Institut National de la Jeunesse et de l'Education Populaire. Chiffres clés du Sport 2017. [En ligne] <https://www.calameo.com/read/0047233181e8d93b9134c>. Consulté le 20 septembre 2018.
5. Priser P. Didier Marchand fait le point avant l'AG [En ligne]. <https://www.letelegramme.fr/cyclisme/comite-de-bretagne-didier-marchand-fait-le-point-avant-l-ag-29-11-2018-12147212.php>. Consulté le 30 novembre 2018.
6. Garnotel X. Le peloton cycliste. De la culture technique à la sous-culture sportive. *Techniques & Culture.* 2009 Dec 1;(52-53):306-29.
7. Kautz SA, Feltner ME, Coyle EF, Baylor AM. The Pedaling Technique of Elite Endurance Cyclists: Changes with Increasing Workload at Constant Cadence. *Int J Sport Biomech.* 1991 Feb;7(1):29-53.
8. Grappe F. Cyclisme et optimisation de la performance. 3^{ème} ed. Bruxelles: De Boeck Supérieur; 2018. 640 p.
9. Raasch CC, Zajac FE. Locomotor Strategy for Pedaling: Muscle Groups and Biomechanical Functions. *J Neurophysiol.* 1999 Aug;82(2):515-25.
10. Pouliquen C. Evaluation de l'asymétrie articulaire et musculaire au cours d'exercices exhaustif en cyclisme : apports de l'approche expérimentale et de la modélisation musculosquelettique. [Thèse de doctorat, STAPS]. Université Rennes 2; 2017.
11. Coyle EF. Improved muscular efficiency displayed as Tour de France champion matures. *J Appl Physiol.* 2005 Jun;98(6):2191-6.

12. Caldwell GE, Hagberg JM, McCole SD, Li L. Lower Extremity Joint Moments during Uphill Cycling. *J Appl Biomech.* 1999 May;15(2):166-81.
13. Gregersen CS, Hull ML. Non-driving intersegmental knee moments in cycling computed using a model that includes three-dimensional kinematics of the shank/foot and the effect of simplifying assumptions. *J Biomech.* 2003 Jun;36(6):803-13.
14. Bailey M, Maillardet F, Messenger N. Kinematics of cycling in relation to anterior knee pain and patellar tendinitis. *J Sports Sci.* 2003 Aug;21(8):649-57.
15. Caldwell GE, Li L, McCole SD, Hagberg JM. Pedal and Crank Kinetics in Uphill Cycling. *J Appl Biomech.* 1998 Aug;14(3):245-59.
16. Grappe F. Cyclisme et optimisation de la performance: Science et méthodologie de l'entraînement. 2nd ed. Bruxelles: De Boeck Supérieur; 2009. 612 p.
17. Ericson M, Nisell R, Arborelius U, Ekholm J. Muscular activity during ergometer cycling. *Scand J Rehabil Med.* 1985;(17):53-61.
18. Baum BS, Li L. Lower extremity muscle activities during cycling are influenced by load and frequency. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003 Apr;13(2):181-90.
19. Candotti CT, Loss JF, Bagatini D, Soares DP, da Rocha EK, de Oliveira ÁR, et al. Cocontraction and economy of triathletes and cyclists at different cadences during cycling motion. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009 Oct;19(5):915-21.
20. Duc S, Bertucci W, Pernin JN, Grappe F. Muscular activity during uphill cycling: Effect of slope, posture, hand grip position and constrained bicycle lateral sways. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008 Feb;18(1):116-27.
21. Davis RR, Hull ML. Measurement of pedal loading in bicycling: II. Analysis and results. *J Biomech.* 1981;14(12):857-72.
22. Soden PD, Adeyefa BA. Forces applied to a bicycle during normal cycling. *J Biomech.* 1979;12(7):527-41.
23. Sesboüé B, Guincestre J-Y. La fatigue musculaire. *An Readapt med Phys.* 2006;49(6):257-64.

24. Klissouras V. Les bases de la physiologie du sport: 64 concepts clés. Paris: Elsevier Masson; 2017. 208 p.
25. Vaast C. La bible du cyclisme. Marseille: Amphora; 2018. 480 p.
26. Doutreloux J-P. Physiologie et biologie du sport. 3^{ème} ed. Vigot; 2015.
27. Mallet P. Le cyclisme moderne ; préparation et entrainement. Amphora; 2005. 477 p.
28. Abbiss CR, Laursen PB. Models to Explain Fatigue during Prolonged Endurance Cycling: Sports Med. 2005;35(10):865-98.
29. Porter R, Whelan J. Human Muscle Fatigue: Physiological Mechanisms.. CIBA Foundation Symposium; 2009. 432 p.
30. Spriet LL, Matsos CG, Peters SJ, Heigenhauser GJ, Jones NL. Effects of acidosis on rat muscle metabolism and performance during heavy exercise. Am J Physiol. 1985 Mar;248(3):C337-47.
31. Cohen J, Cantecorp K. Les DOMS : compréhension d'un mécanisme en vue d'un traitement masso-kinésithérapique préventif. Kinésithérapie, la Revue. 2011 Mai;11(113):15-20.
32. Nicol C, Kuitunen S, Kyröläinen H, Avela J, Komi PV. Effects of long- and short-term fatiguing stretch-shortening cycle exercises on reflex EMG and force of the tendon-muscle complex. Eur J Appl Physiol. 2003 Nov;90(5-6):470-9.
33. Cometti-Bonhomme C. Effets de différents paramètres de récupération lors d'exercices de renforcement musculaire. [Thèse de doctorat STAPS]. Université de Bourgogne; 2012.
34. Allen DG, Lamb GD, Westerblad H. Skeletal Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. Physiol Rev. 2008 Jan;88(1):287-332.
35. Dufour M, Gedda M. Dictionnaire de kinésithérapie et de réadaptation. Paris : Maloine; 2007. 582 p.
36. Cleak MJ, Eston RG. Delayed onset muscle soreness: Mechanisms and management. J Sports Sci. 1992 Aug;10(4):325-41.

37. Cheung K, Hume PA, Maxwell L. Delayed Onset Muscle Soreness: Treatment Strategies and Performance Factors. *Sports Med.* 2003;33(2):145-64.
38. Connolly DAJ, Sayers SP, Mchugh MP. Treatment and Prevention of Delayed Onset Muscle Soreness. *J Strength Cond Res.* 2003 Feb, 17(1):197-208.
39. Newham DJ, Jones DA, Ghosh G, Aurora P. Muscle fatigue and pain after eccentric contractions at long and short length. *Clin Sci (Lond).* 1988 May;74(5):553-7.
40. Armstrong RB, Warren GL, Warren JA. Mechanisms of Exercise-Induced Muscle Fibre Injury: *Sports Med.* 1991 Sep;12(3):184-207.
41. Barnett A. Using Recovery Modalities between Training Sessions in Elite Athletes: Does it Help? *Sports Med.* 2006;36(9):781-96.
42. Allen L, Pounds D. *Massothérapie clinique.* 3^{ème} éd. Paris: Maloine; 2017.
43. Hausswirth C. *Améliorer sa récupération en sport.* Paris: INSEP éditions; 2013. 393 p.
44. Goats GC. Massage--the scientific basis of an ancient art: Part 1. The techniques. *Br J Sports Med.* 1994 Sep;28(3):149-52.
45. Dufour M. *Massothérapie : effets, techniques et applications.* 3^{ème} éd. Paris: Maloine; 2016. 432 p.
46. Harichaux P, Viel E. Intérêt de la dopplérogaphie pour évaluer l'efficacité de la kinésithérapie à visée circulatoire veineuse. *Ann Kinésithér.* 1982;7:265-282.
47. Shoemaker JK, Tiidus PM, Mader R. Failure of manual massage to alter limb blood flow : measures by Doppler ultrasound. *Med Sci Sports Exerc.* 1997 May;29(5):610.
48. Brummitt J. The role of massage in sports performance and rehabilitation: current evidence and future direction. *N Am J Sports Phys Ther.* 2008 Feb;3(1):7-21.
49. Moraska A. Sports massage. A comprehensive review. *J Sports Med Phys Fitness.* 2005 Sep;45(3):370-80.

50. Weerapong P, Hume PA, Kolt GS. The Mechanisms of Massage and Effects on Performance, Muscle Recovery and Injury Prevention. *Sports Med.* 2005;35(3):235-56.
51. Ogai R, Yamane M, Matsumoto T, Kosaka M. Effects of petrissage massage on fatigue and exercise performance following intensive cycle pedalling. *Br J Sports Med.* 2008 Oct;42(10):834-8.
52. Drust B, Atkinson G, Gregson W, French D, Binningsley D. The Effects of Massage on Intra Muscular Temperature in the Vastus Lateralis in Humans. *Int J Sports Med.* 2003 Aug;24(6):395-9.
53. Goats GC. Massage--the scientific basis of an ancient art: Part 2. Physiological and therapeutic effects. *Br J Sports Med.* 1994 Sep;28(3):153-6.
54. Best TM, Crawford SK. Massage and postexercise recovery: the science is emerging. *Br J Sports Med.* 2017 Oct;51(19):1386-7.
55. Weinberg R, Jackson A, Kolodny K. The Relationship of Massage and Exercise to Mood Enhancement. *Sport Psychologist.* 1988 Sep;2(3):202-11.
56. Moyer CA, Rounds J, Hannum JW. A Meta-Analysis of Massage Therapy Research. *Psychol Bull.* 2004 Jan;130(1):3-18.
57. Rinder AN, Sutherland CJ. An investigation of the effects of massage on quadriceps performance after exercise fatigue. *Complement Ther Nurs Midwifery.* 1995 Aug;1(4):99-102.
58. Best TM, Hunter R, Wilcox A, Haq F. Effectiveness of sports massage for recovery of skeletal muscle from strenuous exercise. *Clin J Sport Med.* 2008 Sep;18(5):446-60.
59. Poppendieck W, Wegmann M, Ferrauti A, Kellmann M, Pfeiffer M, Meyer T. Massage and Performance Recovery: A Meta-Analytical Review. *Sports Med.* 2016 Feb;46(2):183-204.
60. Lane KN, Wenger HA. Effect of selected recovery conditions on performance of repeated bouts of intermittent cycling separated by 24 hours. *J Strength Cond Res.* 2004 Nov;18(4):855-60.

61. Monedero J, Donne. Effect of Recovery Interventions on Lactate Removal and Subsequent Performance. *Int J Sports Med.* 2000 Nov;21(8):593-7.
62. Delextrat A, Calleja-González J, Hippocrate A, Clarke ND. Effects of sports massage and intermittent cold-water immersion on recovery from matches by basketball players. *J Sports Sci.* 2013;31(1):11-9.
63. Bielik V. Effect of different recovery modalities on anaerobic power in off-road cyclists. *Biol Sport.* 2010 Mar;27(1):59-63.
64. Mancinelli CA, Davis DS, Aboulhosn L, Brady M, Eisenhofer J, Foutty S. The effects of massage on delayed onset muscle soreness and physical performance in female collegiate athletes. *Phys Ther Sport.* 2006 Feb;7(1):5-13.
65. Hilbert JE. The effects of massage on delayed onset muscle soreness. *Br J Sports Med.* 2003 Feb;37(1):72-5.
66. Kargarfard M, Lam ETC, Shariat A, Shaw I, Shaw BS, Tamrin SBM. Efficacy of massage on muscle soreness, perceived recovery, physiological restoration and physical performance in male bodybuilders. *J Sports Sci.* 2016;34(10):959-65.
67. Tiidus P, Shoemaker J. Effleurage Massage, Muscle Blood Flow and Long-Term Post-Exercise Strength Recovery. *Int J Sports Med.* 1995 Oct;16(07):478-83.
68. Zainuddin Z, Newton M, Sacco P, Nosaka K. Effects of Massage on Delayed-Onset Muscle Soreness, Swelling, and Recovery of Muscle Function. *J Athl Train* 2005 Jul-Sept;40(3):174-80.
69. Farr T, Nottle C, Nosaka K, Sacco P. The effects of therapeutic massage on delayed onset muscle soreness and muscle function following downhill walking. *J Sci Med Sport.* 2002 Dec;5(4):297-306.
70. Weber MD, Servedio FJ, Woodall WR. The Effects of Three Modalities on Delayed Onset Muscle Soreness. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994 Nov;20(5):236-42.
71. Jönhagen S, Ackermann P, Eriksson T, Saartok T, Renström PAFH. Sports Massage after Eccentric Exercise. *Am J Sports Med.* 2004 Sep;32(6):1499-503.

72. Smith LL, Keating MN, Holbert D, Spratt DJ, McCammon MR, Smith SS, et al. The Effects of Athletic Massage on Delayed Onset Muscle Soreness, Creatine Kinase, and Neutrophil Count: A Preliminary Report. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994 Feb;19(2):93-9.
73. Nunes GS, Bender PU, de Menezes FS, Yamashitafuji I, Vargas VZ, Wageck B. Massage therapy decreases pain and perceived fatigue after long-distance Ironman triathlon: a randomised trial. *J Physiother.* 2016 Apr;62(2):83-7.
74. Lightfoot JT, Char D, McDermott J, Goya C. Immediate Postexercise Massage Does Not Attenuate Delayed Onset Muscle Soreness. *J Strength Cond Res.* 1997 May;11(2):119-24.
75. Frey Law LA, Evans S, Knudtson J, Nus S, Scholl K, Sluka KA. Massage Reduces Pain Perception and Hyperalgesia in Experimental Muscle Pain: A Randomized, Controlled Trial. *J Pain.* 2008 Aug;9(8):714-21.
76. Kleist P. Randomisée. Contrôlée. En double aveugle. Pourquoi? *Forum Med Suisse.* 2006;6:46-51
77. Fink HH, Mikesky A. *Nutrition du sport.* 1ère édition. Bruxelles: De Boeck Supérieur; 2018. 560 p.
78. Skein M, Duffield R, Edge J, Short MJ, Mündel T. Intermittent-Sprint Performance and Muscle Glycogen after 30 h of Sleep Deprivation: *Med Sci Sports Exerc.* 2011 Jul;43(7):1301-11.
79. Pilcher JJ, Huffcutt AI. Effects of Sleep Deprivation on Performance: A Meta-Analysis. *Sleep.* 1996 May;19(4):318-26.
80. Meney I, Waterhouse J, Atkinson G, Reilly T, Davenne D. The Effect of One Night's Sleep Deprivation on Temperature, Mood, and Physical Performance in Subjects with Different Amounts of Habitual Physical Activity. *Chronobiol Int.* 1998 Jul;15(4):349-63.

81. Onen SH, Alloui A, Gross A. The effects of total sleep deprivation, selective sleep interruption and sleep recovery on pain tolerance thresholds in healthy subjects. *J Sleep Res.* 2001 Mar;10(1):35-42.
82. Ernst E. Does post-exercise massage treatment reduce delayed onset muscle soreness? A systematic review. *Br J Sports Med.* 1998 Sep;32(3):212-4.
83. Crane JD, Ogborn DI, Cupido C, Melov S, Hubbard A, Bourgeois JM, et al. Massage Therapy Attenuates Inflammatory Signaling After Exercise-Induced Muscle Damage. *Sci Transl Med.* 2012 Feb;4(119):119ra13-119ra13.
84. Moraska A. Therapist Education Impacts the Massage Effect on Post-race Muscle Recovery. *Med Sci Sports Exerc.* 2007 Jan;39(1):34-7.
85. Lippi G. Non-steroidal anti-inflammatory drugs in athletes. *Br J Sports Med.* 2006;40(8):661-3.
86. Tricker R. Painkilling Drugs in Collegiate Athletics: Knowledge, Attitudes, and Use of Student Athletes. *J Drug Educ.* 2000;30(3):313-24.
87. Fournier P-E, Leal S, Ziltener J-L. Anti-inflammatoires non stéroïdiens : utilisation en médecine du sport. 2008;4:1702-5.
88. Tiidus P, Ianuzzo D. Effects of intensity and duration of exercise on delayed soreness and serum enzyme activities. *Med Sci Sports Exerc.* 1983;15(6):461-5.
89. McCully KK, Faulkner JA. Characteristics of lengthening contractions associated with injury to skeletal muscle fibers. *J Appl Physiol.* 1986 Jul;61(1):293-9.
90. Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *J Epidemiol Community Health.* 1998;52(6):377-84

ANNEXES

Annexe I : Nomenclature et actions des principaux muscles du membre inférieur

Annexe II : Caractéristiques des différentes filières énergétiques

Annexe III : Equations de recherche

Annexe IV: Checklist for Measuring Quality (Downs and Black check list)

Annexe V : Fiche de lecture

Annexe VI : Tableau des études incluses

Annexe VII : Résultats de la qualité des études

Annexe VIII : Echelle d'Estimation Subjective de l'Intensité de l'Effort

Annexe I : Nomenclature et actions des principaux muscles du membre inférieur

Abréviations	Nom français	Type	Fonctions principales
GF	Grand fessier	Mono-articulaire	Extenseur de la hanche
PS	Psoas	Mono-articulaire	Fléchisseur de la hanche
VL	Vaste latéral	Mono-articulaire	Extenseur du genou
VM	Vaste médial	Mono-articulaire	Extenseur du genou
VI	Vaste interne	Mono-articulaire	Extenseur du genou
DF	Droit fémoral	Bi-articulaire	Extenseur du genou et fléchisseur de la hanche
BF	Biceps fémoral	Chef court : mono-articulaire Chef long : bi-articulaire	Fléchisseur du genou Extenseur de la hanche
ST	Semi- tendineux	Bi-articulaire	Fléchisseur du genou et extenseur de la hanche
SM	Semi- membraneux	Bi-articulaire	Fléchisseur du genou et extenseur de la hanche
GAS	Gastrocnémien	Bi-articulaire	Fléchisseur plantaire de la cheville et fléchisseur du genou
SOL	Soléaire	Mono-articulaire	Fléchisseur plantaire de la cheville
TA	Tibial antérieur	Mono-articulaire	Fléchisseur dorsal de la cheville

Annexe II : Caractéristiques des différentes filières énergétiques, d'après Doutreloux (2015) (26)

	Anaérobie alactique	Anaérobie lactique	Aérobie
Substrats	ATP CP	Glucides (glucose et glycogène)	Glucides Lipides Protéines (exceptionnellement)
Délai d'efficacité maximum	Nul	Quelques secondes (de 20 à 30 secondes)	De 1 à 3 minutes (60 à 180 secondes)
Puissance	Très élevée	Elevée	Dépend du VO ₂ max, de 45 à 90 mL/kg/min
Temps d'épuisement à puissance maximale	Quelques secondes (2 à 3 secondes)	25 à 40 secondes	3 à 15 minutes
Capacité	Très faible	Faible	Illimitée en théorie
Temps d'épuisement de la capacité (réserve)	Entre 7 et 20 secondes	2 minutes	Dépend du % de VO ₂ max utilisé
Facteurs limitants de l'exercice	Baisse de la concentration des réserves de CP	Baisse du pH musculaire	Chute du taux de glycogène

Annexe III : Equations de recherche

Bases de données	Equations de recherches utilisées
<p>PUBmed</p>	<p>((("Sports "[Mesh])) OR ("Exercise Test"[Mesh])) OR sport) OR exercise) OR effort) AND (((("Massage"[Mesh])) OR massage)) AND (((((((((((("Recovery of Function"[Mesh])) OR recovery)) OR (((("Athletic performance"[Mesh])) OR performance)) OR ((delayed onset muscle soreness) OR exercise induced muscle damage)) OR (((("Pain"[Mesh])) OR muscle pain))</p> <p>Filtres : English, French, Comparative study, Controlled clinical trial, Meta-Analysis, Randomized controlled trial, Humans.</p>
<p>Cochrane Library</p>	<p>(sports or athletic or effort or exercise) in Title Abstract Keyword AND (massage) in Title Abstract Keyword AND (recovery or performance or delayed onset muscle soreness or exercise induced muscle damage or muscle pain) in Title Abstract Keyword</p> <p>In Cochrane Reviews, Cochrane Protocols Trials</p> <p>Filtres : word variations have been searched</p>
<p>PEDro</p>	<p>Utilisation de mots clés dans Abstract and Title : recovery, performance, delayed onset muscle soreness, muscle pain recovery</p> <p>Therapy : stretching, mobilisation, manipulation, massage</p> <p>Subdiscipline : sports</p>
<p>Scopus</p>	<p>TITLE-ABS-KEY (sport OR effort OR exercise) AND TITLE-ABS-KEY (massage) AND TITLE-ABS-KEY (recovery OR performance OR "delayed onset muscle soreness" OR "exercise induced muscle damage" OR "muscle pain")</p> <p>Filtres :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Subject area : medicine, health professions - Document type : article - Keyword : Human, massage - Language : English, French

Annexe IV: Checklist for Measuring Quality (Downs and Black check list, 1998) (90)

REPORTING

	Yes	No	Partially
Is the hypothesis/aim/objective of the study clearly described ?	1	0	
Are the mains outcomes to be measured clearly described in the Introduction or Methods section ?	1	0	
Are the characteristics of the patients included in the study clearly described ?	1	0	
Are the interventions of interest clearly described ?	1	0	
Are the distributions of principal confounders in each group of subjects to be compared clearly described ?	2	0	1
Are the main findings of the study clearly described ?	1	0	
Does the study provide estimates of the random variability in the data for the main outcomes ?	1	0	
Have all important adverse events that may be a consequence of the intervention been reported ?	1	0	
Have the characteristics of patients lost to follow-up been described ?	1	0	
Have actual probability values been reported (e.g. 0.035 rather than < 0.05) for the main outcomes except where the probability values is less than 0.001 ?	1	0	

EXTERNAL VALIDITY

	Yes	No	Unable to determine
Were the subjects asked to participate in the study representative of the entire population from which they were recruited ?	1	0	0
Were those subjects who were prepared to participate representative of the entire population from which they were recruited ?	1	0	0

Were the staff, places, and facilities where the patients were treated, representative of the treatment the majority of patients receive ?	1	0	0
Was an attempt made to blind study subjects to the intervention they have received ?	1	0	0
Was an attempt made to blind those measuring the main outcomes of the intervention ?	1	0	0
If any of the results of the study were based on « date dredging » was this made clear ?	1	0	0
In trials and cohort studies, do the analyses adjust for different lengths of follow-up of patients, or in case-control studies, is the time period between the intervention and outcome the same for cases and controls ?	1	0	0
Were the statistical tests used to assess the main outcomes appropriate ?	1	0	0

INTERNAL VALIDITY -BIAS

	Yes	No	Unable to determine
Was compliance with the intervention/s reliable ?	1	0	0
Were the main outcome measures used accurate (valid and reliable) ?	1	0	0

INTERNAL VALIDITY – CONFOUNDING (selection bias)

	Yes	No	Unable to determine
Were the patients in different intervention groups (trials and cohort studies) or were the cases and controls (case-control studies) recruited from the same population ?	1	0	0
Were study subjects in different intervention groups (trials and cohort studies) or were the cases and	1	0	0

controls (case-control studies) recruited over the same period of time ?			
Were study subjects randomised to intervention groups ?	1	0	0
Was the randomised intervention assignment concealed from both patients and health care staff until recruitment was complete and irrevocable ?	1	0	0
Was there adequate adjustment for confounding in the analyses from which the main findings were drawn ?	1	0	0
Were losses of patients to follow-up taken into account ?	1	0	0

POWER

Did the study have sufficient power to detect a clinically important effect where the probability value for a difference being due to chance is less than 5% ?

A	<n1	0
B	n1-n2	1
C	n3-n4	2
D	n5-n6	3
E	n7-n8	4
F	n8+	5

Annexe V : Fiche de lecture

Référence du document
Titre :
Auteurs :
Année de publication, numéro, pages :
Sujet – problématique – objectif – mots clés
Résumé
Méthodologie
Résultats principaux
Commentaires personnels

Annexe VI : Tableau des études incluses

Etudes	Sujets inclus	Exercices responsables de la fatigue	Temps entre effort et massage	Massage (durée, localisation, techniques, thérapeute)	Temps entre massage et post-test	Mesures de la performance	Performance	Douleur post-effort
Lane et Wenger, 2004	10 hommes actifs (18-30 ans)	18 minutes de cyclisme avec des sprints intermittents	0 minute	15 minutes de massage sur les 2 membres inférieurs (MI) (quadriceps, JI, triceps sural) : effleurage, vibration, friction, compression. 1 masseur-kinésithérapeute.	24h	18 minutes de cyclisme avec des sprints intermittents	Le massage a permis de maintenir la puissance. Il n'y a pas eu de diminution significative du travail total entre les deux efforts.	
Monedero and Donne, 2000	18 cyclistes masculins ($\approx 25 \pm 0,9$ ans, $5 \pm 0,3$ ans d'expérience en cyclisme)	Effort maximal de 5 kms de cyclisme sur home trainer	0 minute	15 minutes de massage sur les 2 MI (face postérieure) : effleurage, tapotement. 1 seul masseur-kinésithérapeute.	5 minutes	5 kms de cyclisme sur home trainer	Seule la récupération combinée (massage + récupération active) a montré une augmentation moyenne du temps sur 5 kms significativement plus faible comparée aux autres interventions (massage, récupération active, récupération passive).	
Delextrat et al., 2012	8 hommes (23 ± 3 ans) et 8 femmes (22 ± 2 ans) des 4ères équipes de basket de la première ligue universitaire	25 minutes d'un match de basket	0 minute	30 minutes de massage sur les faces antérieure et postérieure des 2 MI : effleurage, pétrissage. 1 seul masseur-kinésithérapeute.	24h	Saut vertical Sprint : 10x30 mètres	Saut vertical : le massage a permis une amélioration non significative par rapport au groupe contrôle, surtout dans le groupe des femmes. Sprint : aucun effet.	
Bielik 2010	11 juniors élites de l'équipe cycliste hors-route de Slovaquie ($\approx 19,29 \pm 1,38$ ans)	3 tests de Wingate entrecoupés de 4 minutes de récupération passive	0 minute	20 minutes sur le cou, le dos, et les faces antérieure et postérieure des 2 MI : effleurage, tapotement. 1 seul masseur-kinésithérapeute.	0 minute	Mesure de la puissance lors du test de Wingate	Le massage n'a pas montré de différence significative de la puissance par rapport au groupe contrôle.	
Jönhagen et al., 2004	8 femmes et 8 hommes actifs (≈ 28 ans), pratiquant différents sports 2 à 3 fois par semaine	300 contractions excentriques du quadriceps	10 minutes	3x12 minutes de massage sur la face antérieure de la cuisse : effleurage, pétrissage, répétées chaque jour par 1 seul masseur-kinésithérapeute.	0 minute	Saut vertical Force du quadriceps	Les résultats étaient similaires pour le saut vertical et la force : il n'y a pas eu de différence significative entre le massage et le groupe contrôle directement après et au 3 ^{ème} jour.	La douleur, évaluée à l'aide de l'échelle EVA, n'a pas montré de différence significative entre les deux groupes.
Mancinelli et al., 2006	22 joueuses collégiennes de basketball et volleyball ($\approx 20 \pm 0,93$ ans)	3 jours intenses d'entraînement et d'exercices de force	0 minute	17 minutes de massage sur les 2 cuisses, 2 thérapeutes avec 3 ans d'expérience : effleurage, pétrissage, vibration	3 minutes	Saut vertical Test de la navette	Le massage a permis une amélioration significative du saut vertical mais non significative pour le test de la navette.	Il y a eu une diminution significative de la douleur dans le groupe massage (EVA + mesure de la douleur à l'algorithme de pression).

Ogai et al., 2008	11 femmes étudiantes ($\approx 21.1 \pm 0.9$ ans) pratiquant du sport au moins 3 fois par semaine	3 minutes sur vélo entrecoupées de sprints	5 minutes	10 minutes de massage sur les 2 MI (quadriceps, TA, GAS, JJ, moyen fessier) : pétrissage	20 minutes	3 minutes sur vélo entrecoupées de sprints	Le massage a permis une amélioration significative de la performance (puissance totale) en comparaison au groupe contrôle.	
Hilbert et al., 2003	18 sujets ne pratiquant pas de compétitions (≈ 20.4 ans)	6 séries de 10 contractions excentriques des JJ droits	2h	20 minutes de massage d'un MI (JJ) : effleurage, tapotement, pétrissage. 1 étudiant en kinésithérapie.	4h 22h 46h	Pic de force des JJ	Amélioration non significative de la performance à 6h et 48h par rapport au groupe contrôle.	L'intensité de la douleur, mesurée par une échelle de douleur, était significativement plus faible dans le groupe massage, 48h après.
Kargarfar d., 2015	30 hommes bodybuilders (28.77 ± 3.54 ans avec 2 ans d'expérience)	5 séries à 75-77% de la charge maximale des extenseurs/fléchisseurs du genou	2h	30 minutes sur la face antérieure/médiale de la cuisse utilisée pour l'exercice : effleurage, pétrissage et vibration. 1 masseur-kinésithérapeute avec 3 ans d'expérience.	0h 24h 48h 72h	Saut vertical Force maximale isométrique	Amélioration significative de la performance (saut + force maximale isométrique) par rapport au groupe témoin, notamment à 72h.	Les résultats ont montré que la douleur était significativement inférieure dans le groupe massage par rapport au groupe témoin. (EVA)
Tiidus et Shoemaker, 1995	9 sujets étudiant(e)s (20-22 ans)	7 séries de 20 contractions excentriques du quadriceps	1h	4x10 minutes de massage sur une cuisse répétées chaque jour : effleurage par 1 masseur-kinésithérapeute.	24h 48h 72h 96h	Pic de force du quadriceps	Amélioration non significative de la force de la jambe massée par rapport à la jambe contrôle.	Les résultats ont eu tendance à montrer une diminution des douleurs musculaires perçues, dans le groupe massage, notamment 48-96 heures après l'effort.
Zainuddin et al., 2005	10 sujets non-entraînés ($\approx 23 \pm 1.3$ ans)	10 séries de 6 contractions excentriques des fléchisseurs du coude	3h	10 minutes de massage sur un bras : effleurage, pétrissage, friction. 1 masseur-kinésithérapeute.	21h 45h 69h 93 h 165 h 237 h 333 h	Pic de force des fléchisseurs du coude	Amélioration non significative de la force après massage par rapport au groupe contrôle.	Les résultats ont montré une diminution significative des douleurs musculaires à la palpation dans le groupe massage : diminution de 20 à 40% comparé au groupe sans massage.

Farr et al., 2002	8 sujets actifs (22 ± 3 ans)	40 minutes de descente en courant	2h	30 minutes de massage sur la face antérieure et postérieure d'un MI : effleurage, pétrissage par un masseur-kinésithérapeute.	22h 70h 118h	Contraction isométrique et isocinétique de genou Saut vertical	Le massage n'a pas montré de différence significative entre les 2 tests de performance.	Les résultats ont montré une diminution de la douleur musculaire au niveau de la jambe massée (EVA + algomètre de pression).
Weber et al., 1994	40 femmes volontaires non entraînées (18-35 ans)	Exercices excentriques des fléchisseurs du coude jusqu'à apparition de fatigue	0 minute	2x8 minutes de massage sur le bras, répétées chaque jour : effleurage, pétrissage	24h 48h	Contraction maximale isométrique	Il n'y a pas eu de différence significative entre le massage et le groupe contrôlé.	Le massage n'a pas permis de diminuer significativement le niveau de douleurs musculaires (EVA) par rapport au groupe contrôlé.
Smith et al., 1994	14 hommes actifs, non-entraînés (20.1 ± 1.1)	5 séries d'exercices excentriques des fléchisseurs et extenseurs du coude	2h	30 minutes de massage d'un membre supérieur : effleurage, pétrissage				Les résultats, évalués par EVA, ont montré une diminution de l'intensité de la douleur dans le groupe massage.
Nunes et al., 2016	74 athlètes ayant réalisé un Ironman	Ironman	Directement après la compétition.	7 minutes de massage du quadriceps : effleurage, pétrissage, tapotement par un masseur-kinésithérapeute.				Il y a eu une diminution significative de la douleur dans le groupe massage à l'EVA mais pas à l'algomètre de pression.
Lightfoot et al., 1997	31 collégiens actifs	4x15 répétitions d'exercices excentriques (heel drop)	0 minute 24h	2x10 minutes de massage de la jambe gauche : pétrissage, 1 seul masseur-kinésithérapeute.				L'évaluation de la douleur, à l'aide de l'EVA, n'a pas montré de différence entre les 2 jambes (massée/non massée).
Frey Law et al., 2008	44 sujets (22 hommes, 22 femmes) (23.3 ± 3.5 ans)	3 séries de contractions excentriques des extenseurs du poignet avec 1 à 2 minutes de repos entre les séries	0 minutes	6 minutes de massage de l'avant-bras : effleurage, pétrissage. 1 seul masseur-kinésithérapeute.				Les résultats ont montré, grâce à l'EVA et à l'algomètre de pression, une diminution de la douleur 48 heures après l'exercice excentrique.

Annexe VII : Résultats de la qualité des études

	Lane 2004	Monedero 2000	Delextrat 2012	Biedik 2010	Jönhagen 2004	Mancinelli 2006	Ogai 2008	Hilbert 2003	Kargarfard 2015	Tiidus 1995	Zainuddin 2005	Farr 2002	Smith 1994	Nunes 2016	Weber 1994	Lightfoot 1997	Frey Law 2008
Aim/objective	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Main outcomes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Characteristics of the patients	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
Interventions	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Principal confounders	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Main findings	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estimates of random variability	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Important adverse events	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lost to follow-up patients characteristics	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Probability values	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Subjects asked to participate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subjects prepared to participate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Staff, place and treatment	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Blind subjects	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blind evaluators	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Data dredging	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Follow-up adjustment	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Statistical tests	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Compliance	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Main outcome	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Recruited from same population	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
Recruited over the same period of time	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Subjects randomised	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
Assignment concealed	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adjustment for confounding	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Losses of patients to follow-up	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sufficient power	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Score	18	16	17	17	18	21	18	16	19	16	15	17	17	20	16	18	16

Annexe VIII : Echelle d'Estimation Subjective de l'Intensité de l'Effort, d'après Grappe (2009) (16)

Intensité (I)	Perceptions/sensations de l'exercice	Fréquence cardiaque (FC)	Puissance de travail	Temps limite	Situations sportives
Maximale I7	Impression d'un exercice en apnée, hyperventilation en fin d'exercice, fatigue centrale très importante	90-95% FC max	200% PMA < I7 < 300% PMA	4" à 7" (10")	Sprint court, démarrage
Intensité sous maximale I6	Souffrance extrême, douleurs musculaires maximales/membres inférieurs, sensation d'épuisement en fin d'exercice avec hyperventilation, conversation impossible	100% FC max	100% PMA < I6 < 200% PMA	30" à 1'	Kilomètre sur piste, sprint long
Surcritique I5	Augmentation rapide de la douleur musculaire/membres inférieurs qui devient vite insupportable, conversation très difficile en fin d'exercice	96-100% FC max	85% PMA < I5 < 100% PMA	3' à 7'	Début d'échappée, prologue, poursuite sur piste
Critique I4	Augmentation progressive de la douleur musculaire/membres inférieurs, conversation difficile	92 à 96% FC max	75% PMA < I4 < 85% PMA	20' à 1h	Contre la montre, échappées, record de l'heure
Soutenue I3	Début des douleurs, conversation pénible à tenir	85-92% FC max	60% PMA < I3 < 75% PMA	1h à 2h	Peloton ou groupe à rythme rapide
Moyenne I2	Aucune douleur musculaire/membres inférieurs, maintien de l'intensité de l'exercice aisé, conversation aisée	75-85% FC max	50% PMA < I2 < 60% PMA	Inférieure à 5h	Grande sortie ou récupération active
Légère I1	Aucune douleur musculaire/pédalage en décontraction complète, conversation très aisée	< 75% FC max	30% PMA < I1 < 50% PMA	xh	Grande randonnée, brevets routiers, longues distances (500-1000 kms) ou balades

NOM : LE GOFF
PRENOM : MARION
TITRE : EVALUATION DES EFFETS DU MASSAGE POST-EFFORT SUR LA RECUPERATION SPORTIVE CHEZ LE COUREUR CYCLISTE.
INTRODUCTION : Post-exercise massage is one of the most used interventions in the field of recovery, especially for cyclists. However, several authors regularly question its effectiveness for sport use. The objective of this work is to update knowledge on the effects of recovery massage on cyclists. METHODS : A literature review was conducted from the Pubmed, Scopus, PEDro, Cochrane databases, using two indicators: subsequent performance and muscle pain. RESULTS : 18 articles were collected. Reports have led to a better understanding of the conditions under which massage should be applied, its ability to reduce muscle pain but there is still little evidence to support or refute its effects on subsequent performance. An interventional research protocol adapted to cyclists has therefore been proposed. DISCUSSION AND CONCLUSION : Additional studies are needed to justify the use of massage as a means of recovery for cyclists. In addition, recovery involves many processes and massage is only one of them.
INTRODUCTION : Le massage post-effort est l'une des interventions les plus utilisées dans le domaine de la récupération, en particulier chez les coureurs cyclistes. Néanmoins, plusieurs auteurs remettent régulièrement en question son efficacité pour un usage sportif. L'objectif de ce travail est d'actualiser les connaissances sur les effets du massage de récupération chez le coureur cycliste. METHODE : Une synthèse de la littérature a été réalisée, à partir des bases de données Pubmed, Scopus, PEDro, Cochrane, en utilisant deux indicateurs : la performance ultérieure et la douleur. RESULTATS : 18 articles ont été regroupés. Des rapports ont fait progresser la compréhension sur les conditions d'application du massage, sa capacité à atténuer les douleurs musculaires mais peu de preuves permettent encore de soutenir ou de réfuter ses effets sur la performance ultérieure. Un protocole de recherche interventionnelle adapté aux coureurs cyclistes a donc été proposé. DISCUSSION : Des études supplémentaires sont nécessaires pour justifier l'utilisation du massage en tant que moyen de récupération auprès des coureurs. De plus, la récupération implique de nombreux processus et le massage n'est qu'un des moyens.
KEYWORDS : massage, cycling, recovery, muscle soreness, performance
MOTS CLES : massage, cyclisme, récupération, douleurs musculaires, performance
<p style="text-align: center;"> INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE 22 avenue Camille Desmoulins, Brest 29 238 CEDEX 3 TRAVAIL ECRIT DE FIN D'ETUDES – Année 2019 </p>