

**EFFETS DU MASSAGE
SUR LA RECUPERATION MUSCULAIRE
APRES UN EFFORT A VELO**

CLAIRE BENNETT

Etudiante HES – Filière Physiothérapie

JOELLE WARYNSKI

Etudiante HES – Filière Physiothérapie

Directrice de travail de Bachelor : FRANCOISE FAURE

**TRAVAIL DE BACHELOR DEPOSE ET SOUTENU A GENEVE EN 2013 EN VUE DE L'OBTENTION D'UN
BACHELOR OF SCIENCE EN PHYSIOTHERAPIE**

Résumé

Introduction – Beaucoup de sportifs participent à des activités impliquant des épreuves anaérobiques, courtes et intenses. La récupération musculaire en vue d'une compétition ultérieure est primordiale.

Objectif – Savoir si le massage après un effort intense à vélo, chez des sujets adultes en bonne santé, diminue la concentration de lactate sanguin, la raideur musculaire, la fatigue perçue et améliore la performance.

Méthodologie – Bases de données consultées : PubMed, Cinahl, Embase, PEDro, Cochrane, Kinedoc. Critères de sélection : 1. Articles en français ou anglais 2. Etudes expérimentales 3. Sujets adultes sains 4. Effort sur vélo 5. Intervention de massage manuel 6. Outcomes : lactate sanguin, courbatures, raideur musculaire, douleur, perception de fatigue, performance, récupération musculaire.

Résultats – Sept articles sélectionnés. Six articles s'intéressent au lactate sanguin, quatre à la performance, un article traite de la force et un article de la raideur musculaire et de la perception de fatigue.

Le massage ne semble pas avoir d'effet sur l'élimination du lactate sanguin, ni sur la force. Les résultats concernant la performance sont contradictoires. Par contre, il diminue la raideur musculaire et la perception de fatigue des membres inférieurs.

Discussion – La littérature actuelle contient trop peu d'études rigoureuses et comparables pour tirer des conclusions valides. De nouvelles recherches sont nécessaires afin de déterminer les effets du massage après un effort intense.

Conclusion – La pratique fondée sur les preuves ne soutient pas l'utilisation du massage de manière automatique après un effort intense. Le massage doit répondre aux besoins du sportif et suppose donc un bilan physiothérapeutique complet préalable.

Remerciements

Nous tenons à remercier :

- Françoise Faure, notre directrice de mémoire, pour ses réponses, ses commentaires et corrections tout au long de notre travail
- Cristina Calvo pour son aide dans la recherche d'articles : formulation des équations et commandes d'articles
- Charlotte Zihlmann, Martine Pernet, Micheline Pernet et Jane Bennett pour la relecture attentive de notre travail
- Mike Tomsik qui nous a aidées à traduire les termes anglais se rapportant au massage
- Pierre Bellemare pour ses corrections et commentaires lors de la lecture croisée
- Frédéric Mürset pour le support informatique
- Michel Warynski pour l'impression de notre travail

Table des matières

1	INTRODUCTION	1
2	CADRE THÉORIQUE	2
2.1	L'EFFORT À VÉLO	2
2.1.1	<i>Principe moteur</i>	2
2.1.2	<i>Analyse du mouvement</i>	2
2.1.3	<i>Travail musculaire</i>	3
2.1.4	<i>Wingate Anaerobic Test</i>	5
2.2	CONSÉQUENCES DE L'EFFORT DE HAUTE INTENSITÉ.....	5
2.2.1	<i>La performance</i>	5
2.2.2	<i>Les courbatures</i>	7
2.2.3	<i>La raideur musculaire</i>	8
2.2.4	<i>La fatigue</i>	9
2.2.5	<i>Le lactate sanguin</i>	11
2.3	LE MASSAGE	12
2.3.1	<i>Définition</i>	12
2.3.2	<i>Historique</i>	13
2.3.3	<i>Techniques</i>	14
2.3.4	<i>Effets attendus du massage</i>	16
2.3.5	<i>Le massage dans le sport</i>	20
3	MÉTHODOLOGIE	21
3.1	RECHERCHE D'ARTICLES	21
3.2	SÉLECTION DES ARTICLES.....	21
3.3	EXTRACTION DES DONNÉES	22
3.4	EVALUATION DE LA QUALITÉ	22
4	RÉSULTATS	25
4.1	QUALITÉ	25
4.1.1	<i>Design et niveau de preuve</i>	25
4.1.2	<i>Grille de qualité</i>	25
4.2	OUTCOMES	28
4.2.1	<i>Performance</i>	28
4.2.2	<i>Perception de fatigue</i>	30
4.2.3	<i>Raideur musculaire</i>	30
4.2.4	<i>Lactate</i>	30
5	DISCUSSION	33
5.1	INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET CONFRONTATION À LA LITTÉRATURE.....	33

5.1.1	<i>Modalités du massage</i>	33
5.1.2	<i>Performance physique</i>	36
5.1.3	<i>Force</i>	38
5.1.4	<i>Perception de la fatigue</i>	39
5.1.5	<i>Raideur musculaire</i>	40
5.1.6	<i>Lactate</i>	40
5.2	LIMITES DE NOTRE REVUE.....	42
5.2.1	<i>Méthodologie</i>	42
5.2.2	<i>Qualité des articles retenus</i>	44
5.3	PISTES DE RECHERCHE FUTURE.....	48
6	CONCLUSION	50
7	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	I
8	LISTE DES ILLUSTRATIONS	I
9	LISTE DES TABLEAUX	I
10	ANNEXES	I
10.1	ANNEXE 1 : MÉTHODOLOGIE.....	I
10.1.1	<i>Equations de recherche</i>	I
10.2	ANNEXE 2 : EXTRACTION DES DONNÉES.....	IV
10.2.1	<i>Cè (2012)</i>	IV
10.2.2	<i>Gupta (1996)</i>	VI
10.2.3	<i>Lane (2004)</i>	VIII
10.2.4	<i>Martin (1998)</i>	X
10.2.5	<i>Monedero (2000)</i>	XIII
10.2.6	<i>Ogai (2008)</i>	XV
10.2.7	<i>Robertson (2003)</i>	XVII
10.3	ANNEXE 3 : GRILLE DE QUALITÉ.....	XIX
10.4	ANNEXE 4 : GRAPHIQUES.....	XXVI
10.4.1	<i>Performance</i>	XXVI
10.4.2	<i>Perception de fatigue</i>	XXVII
10.4.3	<i>Raideur musculaire</i>	XXVIII
10.4.4	<i>Lactate sanguin</i>	XXVIII

1 Introduction

Beaucoup de sportifs participent à des activités impliquant des épreuves courtes et intenses. Ce type d'effort anaérobie produit du lactate, une raideur musculaire, une perception de fatigue et une diminution de la performance (Ogai, Yamane, Matsumoto, & Kosaka, 2008). Les athlètes de haut niveau endurent souvent un rythme de compétition soutenu, comportant parfois plusieurs épreuves dans la même journée. Une récupération rapide et efficace est importante chez ces athlètes car ils doivent être capables de déployer la même performance à chaque étape (Lane & Wenger, 2004).

Les techniques de récupération servent à diminuer les symptômes de la fatigue et visent à ramener le corps à l'homéostasie. Parmi les stratégies à disposition, le massage est couramment utilisé dans le monde du sport même si la littérature scientifique ne soutient pas son efficacité. Plusieurs chercheurs ont étudié les effets du massage après un effort intense. Malheureusement, les populations, les modalités sportives et d'intervention et les outcomes étudiés divergent énormément d'une étude à l'autre. De plus, leur méthodologie manque parfois de rigueur et les résultats obtenus jusqu'à présent ne permettent pas de tirer des conclusions quant à l'efficacité du massage pour la récupération après l'effort.

Souvent, pour des raisons de reproductibilité et pour éliminer les biais (comme les situations de jeu dans les sports collectifs), l'exercice est pratiqué dans un laboratoire et ressemble peu à une discipline sportive. Nous avons décidé de nous concentrer sur un domaine particulier : le cyclisme. Le vélo est une activité où l'effort déployé lors de la pratique sportive (cyclisme de piste ou de route) et l'effort étudié en recherche (cycloergomètre des membres inférieurs) sont comparables.

Le but de notre revue de la littérature est de savoir si le massage après un effort intense à vélo, chez des sujets adultes en bonne santé, diminue la concentration de lactate sanguin, les courbatures, la raideur musculaire, la fatigue perçue, la douleur et améliore la performance.



Figure 1: Tiré de Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2013

2 Cadre théorique

2.1 L'effort à vélo

2.1.1 Principe moteur

Le vélo de route est mu par sa roue arrière, reliée par une chaîne à un pédalier activé par les membres inférieurs du cycliste. Le produit de la force efficace de la musculature des membres inférieurs du cycliste et de la longueur de la manivelle (levier) constitue le couple de pédalage. La puissance mécanique développée est le produit de ce couple de pédalage et de la vitesse angulaire du pédalier, dépendant directement de la fréquence de pédalage. La vitesse du vélo est la différence entre cette puissance et les résistances de l'air, de la gravité, du roulement et, lors d'un changement de vitesse, de l'inertie (Grappe, 2005).

Sur un cyclo-ergomètre, le mouvement des membres inférieurs est le même que sur un vélo de route, mis à part que, l'appareil étant fixe, il n'y a pas d'équilibre ou de trajectoire à gérer. La résistance est donnée soit par l'intermédiaire d'une courroie de friction enroulée autour d'un volant d'inertie¹, soit par une résistance électromagnétique². Elle peut être réglée directement sur la machine et permet ainsi de mesurer l'énergie musculaire fournie (Hintzy-Quimer & Grappe, 2005). Les protocoles sur cyclo-ergomètre sont donc plus faciles à standardiser, et c'est pour cette raison qu'il est fréquemment utilisé dans la recherche scientifique pour des évaluations physiques.

2.1.2 Analyse du mouvement

Tout comme la marche, le pédalage demande un mouvement alterné des membres inférieurs. C'est un travail en chaîne semi-fermée. Pour simplifier la lecture, le mouvement sera analysé pour un seul côté, sachant que le membre opposé se comporte de façon similaire, mais décalée.

¹ La courroie de friction donne un frottement constant qui contre l'effort du cycliste. Le volant d'inertie génère une résistance à l'accélération seulement, et donc nulle lorsque la vitesse est constante. Il remplace le poids du cycliste sur un vélo de route.

² Résistance électromagnétique : Génératrice couplée aux pédales créant une tension électrique dissipée dans une résistance.

Le mouvement de pédalage, décrit de façon simpliste, consiste en un enchaînement alterné de flexions et d'extensions du membre inférieur, poussant et accompagnant la pédale lors de sa descente et remontée. Les articulations mises en jeu sont : la hanche, le genou et la cheville. Les amplitudes du mouvement de flexion/extension au niveau de la hanche, du genou et de la cheville sont de respectivement 55°, 75° et 25°. La cheville reste en flexion plantaire tout au long du mouvement (Li & Caldwell, 1998).

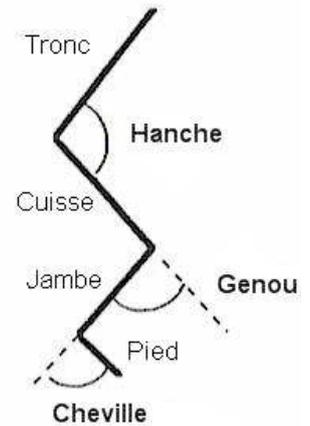


Figure 2 : Tiré de (Grappe, 2005)

2.1.3 Travail musculaire

Les forces appliquées sur la pédale lors de la descente sont principalement dirigées vers le bas, mais également vers l'avant pour la première moitié du mouvement, vers l'arrière et vers l'extérieur pour la seconde moitié. Lors de la remontée de la pédale, les forces principales agissent vers l'arrière pour la première moitié du mouvement, puis vers l'avant (Davis & Hull, 1981; Li & Caldwell, 1998; Soden & Adeyefa, 1979). Si la pédale est équipée d'un cale-pied permettant de la solidariser à la chaussure du cycliste, les fléchisseurs du membre inférieur peuvent participer plus activement à la remontée de la manivelle par une traction vers le haut (Grappe, 2005).

Lors de la descente de la pédale, on observe un moment de force des extenseurs au niveau de la hanche. Les extenseurs de genou sont présents de 0° à 100°. De 100° à 180°, ce sont les fléchisseurs qui travaillent. Lors de la remontée de la pédale, on observe entre 180° et 300° une activité des extenseurs de hanche et des fléchisseurs de genou. De 300° à 360°, il s'agit des fléchisseurs de hanche et des extenseurs de genou (Grappe, 2005).

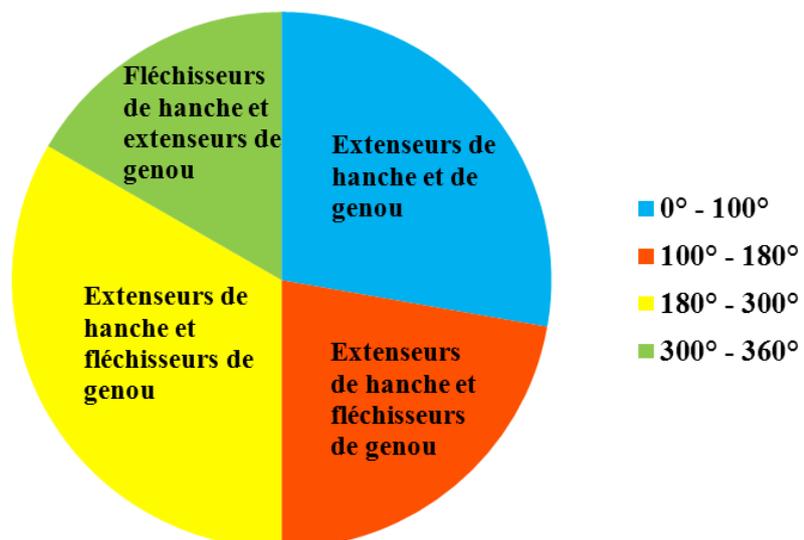


Figure 3 : Travail musculaire

Les extenseurs mono-articulaires comptent le grand fessier pour la hanche, le vaste latéral, le vaste médial et le vaste interne pour le genou. Les fléchisseurs mono-articulaires sont le psoas-iliaque pour la hanche et le court chef du biceps fémoral pour le genou. Ces deux groupes fournissent l'énergie à la descente et à la remontée de la pédale. La synergie entre long chef du biceps fémoral, semi-tendineux (tous deux bi-articulaires postérieurs) et gastrocnémiens (fléchisseurs plantaires de cheville) permet le transfert d'énergie à la manivelle lors de la descente. Le tibial antérieur (fléchisseur dorsal de cheville) joue ce même rôle lors de sa remontée (Raasch, Zajac, Ma, & Levine, 1997). Le verrouillage de la cheville peut se faire de deux manières. La première, favorisée par les non-cyclistes, consiste à laisser le pied à peu près horizontal. Cela diminue le travail du soléaire et du tibial antérieur et la sollicitation sur l'articulation. Les cyclistes expérimentés préfèrent garder le pied en flexion plantaire car cela améliore le transfert d'énergie (Grappe, 2005).

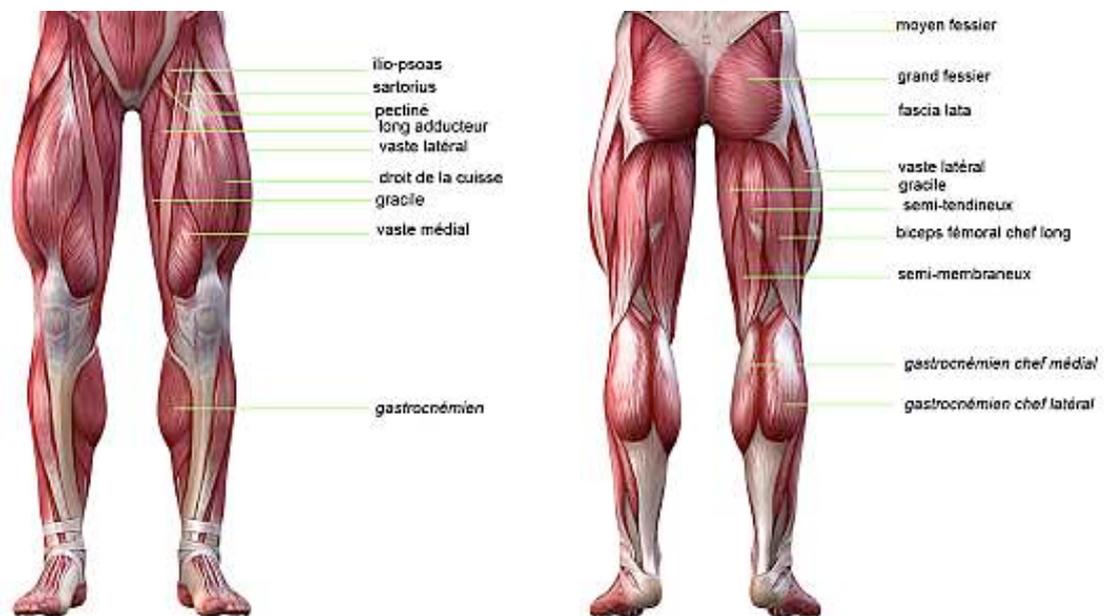


Figure 4 : Tiré de top-body-nutrition, 2013

Les phases de transition (points morts lorsque la pédale est au point le plus bas ou au zénith) sont assurées principalement par les muscles bi-articulaires. Le long chef du biceps fémoral, le semi-membraneux, le semi-tendineux, les gastrocnémiens et le soléaire servent à la propulsion en direction de l'arrière lors du passage du point mort bas ; le passage du point mort haut (pédale au zénith) est assuré par le droit fémoral et le tibial antérieur exerçant une force vers l'avant (Neptune, Kautz, & Hull, 1997; Ryan & Gregor, 1992).

2.1.4 Wingate Anaerobic Test

Le Wingate Anaerobic Test (WAnT) est destiné à évaluer la performance anaérobie. Il consiste en un effort d'intensité supramaximale³ contre une résistance proportionnelle au poids du sujet sur cyclo-ergomètre des membres inférieurs ou supérieurs d'une durée de trente secondes (Beneke, Pollmann, Bleif, Leithäuser, & Hütler, 2002). Cet effort de courte durée utilise principalement la voie de la glycolyse anaérobie⁴ pour produire de l'énergie et augmente ainsi les concentrations de lactate de six à quinze fois par rapport aux valeurs de repos (Bar-Or, 1987).

Trois différents paramètres sont mesurés pendant le test : la puissance pic, définie comme la plus haute puissance moyenne sur cinq secondes, la puissance moyenne et l'indice de fatigue, équivalent à la diminution de la puissance au cours du test et exprimée en pourcent (Beneke et al., 2002).

2.2 Conséquences de l'effort de haute intensité

2.2.1 La performance

Lors d'une recherche scientifique sur une activité sportive, la performance est une issue clinique visible qui permet de mettre en évidence les changements métaboliques et physiologiques au sein du corps.

La baisse de performance observée au cours de l'effort est en lien avec la fatigue musculaire et psychologique. La fatigue peut résulter en une incapacité de maintenir le débit métabolique et entraîner une baisse de l'énergie produite (Wilmore, 2008). Gaitanos et al. ont réalisé une étude afin de déterminer les systèmes énergétiques exploités lors de sprints. Huit hommes ont effectué dix sprints maximaux de six secondes, espacés de phases de récupération active sur cyclo-ergomètre. Des biopsies musculaires du muscle vaste latéral ont été prises avant et après le premier et le dernier sprint. Lors du premier sprint, l'énergie nécessaire pour effectuer l'effort provenait d'une contribution égale de dégradation de créatine phosphate (CP) et de glycolyse anaérobie. Les biopsies musculaires ont montré une diminution des concentrations de

³ Supramaximal : Supérieur à la puissance maximale aérobie.

⁴ Glycolyse anaérobie : Voie métabolique d'assimilation du glucose et de production d'énergie. Elle se déroule dans le cytoplasme de la cellule. Elle nécessite du glucose et a pour produit du pyruvate. Ce dernier peut soit entrer dans le cycle de Krebs en présence d'oxygène, soit, en absence d'oxygène, être métabolisé par fermentation pour produire du lactate.

CP et une augmentation de l'acide lactique au fil du temps. La puissance moyenne au dernier sprint représentait 73 % de la puissance développée au premier sprint et il n'y avait plus d'augmentation de l'acide lactique. Les chercheurs ont conclu que l'énergie utilisée lors du dernier sprint provenait de la dégradation de créatine phosphate et principalement d'une augmentation du métabolisme aérobie (Gaitanos, Williams, Boobis, & Brooks, 1993).

Pour mesurer la performance sur un appareil tel que le cyclo-ergomètre, la puissance développée est un bon outil. Elle est alors exprimée en joules [J] ou kilojoules [kJ]. Maxwell et al. ont mis en évidence l'importance de calibrer les cyclo-ergomètres pour augmenter la fiabilité des mesures (Maxwell et al., 1998). Une autre option utilisée par plusieurs chercheurs pour mesurer la performance est de faire un test analytique de la force. C'est ainsi que Cè et al. ont demandé à leurs sujets une contraction maximale volontaire du quadriceps en isométrique, en position assise avec une flexion de genou de 90° (Cè et al., 2012).

La performance se rapporte toujours aux capacités du sportif. C'est pourquoi dans une recherche scientifique, l'effort demandé est très souvent adapté au participant. Les chercheurs utilisent soit un test préalable de VO_2max^5 soit le poids du sujet pour individualiser l'intensité de l'effort.

Dans un souci d'optimisation de la performance, la recherche scientifique s'est penchée sur les facteurs influençant la performance. L'alimentation est un premier facteur clé lors des efforts de haute intensité ou de longue durée. Chez les sportifs d'endurance, un régime riche en glucides est une méthode efficace pour augmenter les stocks de glycogène musculaire et hépatique (Wilmore, 2008). En effet, les capacités de performance peuvent être réduites par un régime pauvre en hydrates de carbone (Maughan et al., 1997). Un second facteur est l'environnement. La température ambiante et l'altitude influencent la performance (Wilmore, 2008). Finalement, le facteur sur lequel le sportif exerce le plus de contrôle est son niveau d'entraînement. En réponse au sport et à l'entraînement, le muscle engendre sur lui-même des modifications internes (Holey & Cook, 2011). Les muscles peuvent gagner en force, mais aussi en

⁵ VO_2max : Pic de VO_2 , la consommation maximale d'oxygène. Le volume maximal d'oxygène que l'homme peut consommer par unité de temps, lors d'un exercice dynamique aérobie maximal. S'exprime en litres par minutes [L/min].

taille pour mieux résister à la fatigue (Marieb, 2005). Lors d'entraînements en endurance, le nombre de capillaires sanguins autour des fibres musculaires augmente : le muscle est ainsi mieux irrigué en sang. Il y a également une augmentation du nombre et de la taille des mitochondries⁶ présentes dans les muscles (Marieb, 2005). Enfin les

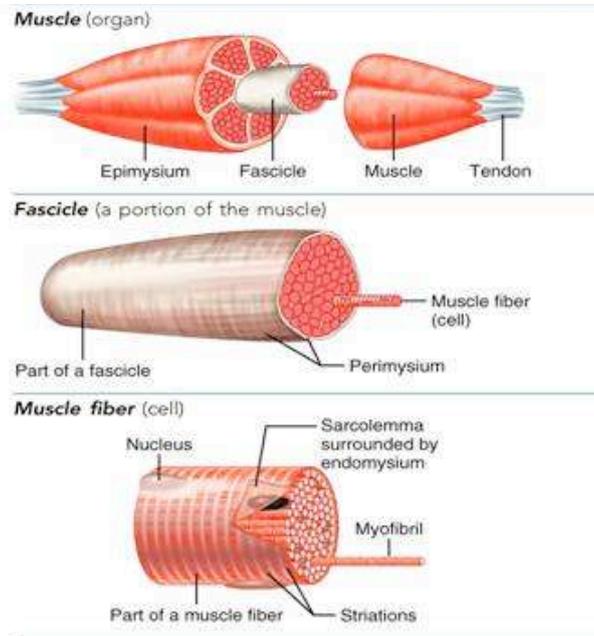


Figure 5 : Tiré de (Marieb, 2005)

fibres musculaires synthétisent plus de myoglobine, une protéine transportant l'oxygène. Grâce à ces modifications, le métabolisme musculaire devient plus efficace. Les exercices intensifs contre résistance permettent également d'augmenter le volume musculaire. C'est ce que l'on appelle hypertrophie musculaire. Habitues à un travail intensif, les fibres musculaires se dilatent pour contenir plus de mitochondries, de myofilaments⁷ et de myofibrilles⁸ ainsi que pour stocker plus de glycogène⁹ (Marieb, 2005).

Ces changements sont apparents pour tous quand nous commençons à pratiquer un sport qui nous paraît difficile au début, mais qui devient plus facile avec le temps. Toutefois si nous dépassons nos habitudes pour travailler dans des modalités auxquelles le muscle n'est pas habitué, alors s'installent des courbatures.

2.2.2 Les courbatures

Lors d'un travail d'une intensité augmentée ou d'une plus longue durée, des douleurs peuvent apparaître quelques heures après l'activité : les douleurs musculaires post-effort

⁶ Mitochondries : Organite contenu dans le cytoplasme, siège de la synthèse de l'adénosine triphosphate (ATP) ; source d'énergie de la cellule (Marieb, 2005).

⁷ Myofilaments : Contractiles, les myofilaments sont de deux types, minces et épais ; les filaments épais renferment un assemblage parallèle de molécules de myosine ; les filaments minces renferment des molécules d'actine (ainsi que d'autres protéines) ; le raccourcissement du muscle est assuré par le glissement des filaments minces le long des filaments épais (Marieb, 2005).

⁸ Myofibrille : Élément contractile cylindrique, constitué de sarcomères placés bout à bout ; les myofibrilles occupent la plus grande partie du volume de la cellule musculaire ; portent des stries, et les stries de myofibrilles voisines sont alignées (Marieb, 2005).

⁹ Glycogène : Le glucide mis en réserve dans les tissus animaux, en particulier dans les muscles squelettiques et les cellules du foie (Marieb, 2005)

ou DOMS (*delayed onset muscle soreness*). Ce que nous appelons communément « courbatures » survient lors de la reprise de l'activité sportive après un arrêt, ou à l'occasion d'une augmentation en intensité de l'entraînement du sportif (Coudreuse, Dupont, & Nicol, 2004). Ce phénomène n'est pas encore totalement compris et les théories existantes ne permettent pas encore de l'expliquer complètement (Wilmore, 2008).

Ces douleurs apparaissent 12 à 48 heures après l'effort et peuvent persister entre deux et cinq jours (Coudreuse et al., 2004). Les trois symptômes associés aux DOMS sont : la perte de force, la douleur et la raideur musculaire (Connolly, Sayers, & McHugh, 2003). Il ne faut pas confondre les DOMS avec les claquages et les élongations musculaires qui sont des traumatismes aigus survenant pendant la pratique sportive. L'acidose du sang explique partiellement les douleurs après un effort intense, mais ne participe pas à l'apparition des courbatures, car l'acide lactique est déjà éliminé du muscle à ce moment (Coudreuse et al., 2004).

2.2.3 La raideur musculaire

La raideur musculaire fait partie des symptômes des courbatures et serait liée aux micro-lésions induites par l'effort excentrique (Coudreuse et al., 2004). Elle dépend des propriétés visco-élastiques du muscle, de l'activité contractile induite par l'activité électrique du motoneurone et de la cellule musculaire, ainsi que de la contracture musculaire sans activité électrique (Simons & Mense, 1998). Elle est modifiée après un effort (Niitsu, Michizaki, Endo, Takei, & Yanagisawa, 2011), mais les mécanismes physio-pathologiques entraînant la raideur musculaire sont encore mal connus (Morisada, Okada, & Kawakita, 2006).

Dans une étude de 2011, Niitsu et al. ont provoqué une raideur musculaire du biceps brachial avec des exercices excentriques de la main non-dominante. L'autre membre supérieur ne participait pas à l'exercice et servait de contrôle. Les mesures de la raideur ont été prises avant l'effort, juste après, puis pendant quatre jours suivant l'effort. Leurs résultats montrent une augmentation de la raideur musculaire immédiatement après l'exercice, avec un pic le deuxième jour, alors que le membre supérieur contrôle n'a pas montré de changement au cours du temps (Niitsu et al., 2011).

Plusieurs outils permettent de quantifier la raideur musculaire. La palpation est une mesure subjective et qualitative que le physiothérapeute utilise dans son bilan. Niitsu et

al. ont utilisé deux instruments pour mesurer la rigidité : l'ultrason élastographique et le duromètre. L'ultrason permet de cartographier le muscle et d'identifier les zones lésées par l'exercice excentrique. Ils ont remarqué que la jonction musculo-tendineuse était particulièrement sollicitée lors de ce type d'effort. Même si sa reproductibilité n'a pas été évaluée, l'usage du duromètre est répandu pour la mesure de la raideur musculaire. Le duromètre fonctionne avec un pénétrateur appliqué verticalement sur le tissu musculaire. La profondeur de pénétration représente la rigidité (Niitsu et al., 2011).

2.2.4 La fatigue

Dans le domaine du sport, la fatigue peut être définie comme une incapacité de maintenir la puissance requise pour continuer un effort musculaire à la même intensité. C'est un phénomène complexe qui fait intervenir plusieurs processus. La fatigue ressentie par l'athlète lors d'un effort est le résultat de l'interaction entre l'intensité de l'effort, le type de fibres musculaires et les muscles recrutés, mais aussi l'entraînement du sujet (Wilmore, 2008). Les causes peuvent être classées en deux catégories : la fatigue périphérique, en aval de la jonction neuro-musculaire, et la fatigue centrale, en amont de cette jonction.

2.2.4.1 La fatigue périphérique

2.2.4.1.1 Les systèmes énergétiques

Lors d'un effort intense, une grande partie de l'énergie provient de la voie anaérobie. Le système adénosine triphosphate – créatine phosphate (ATP-CP¹⁰) permet de maintenir les réserves d'adénosine triphosphate (ATP) dans le muscle lors des premières secondes d'exercice. Mais la quantité de CP dans le muscle est limitée. Des biopsies musculaires ont montré une corrélation entre l'apparition de la fatigue et la baisse de CP dans le muscle (Wilmore, 2008). L'épuisement survient quand les réserves d'ATP et de CP sont vides (Westerblad, Allen, & Lännergren, 2002). Lors d'un effort de plus de quelques secondes, le glycogène devient la première source d'ATP. Le glycogène musculaire est rapidement épuisé et le sang amène du glucose pour continuer l'effort. Le glucose sanguin contribue grandement à l'énergie développée lors d'un exercice d'endurance (Wilmore, 2008).

¹⁰ ATP-CP : Adénine triphosphate – créatine phosphate. La créatine phosphate est une molécule stockée dans les cellules musculaires, riche en énergie. Une fois dégradée, une quantité d'énergie est libérée et permet la resynthèse d'ATP à partir d'ADP (adénosine diphosphate). L'utilité du système ATP-CP est sa rapidité d'exécution, et non sa quantité. Sa concentration est d'environ 15 [mmol/kg] de muscle.

Plusieurs recherches ont démontré que la sensation de fatigue apparaît lors d'une concentration basse de glycogène. Les marathoniens connaissent bien ce phénomène, qu'ils appellent : « le mur ». Aux alentours des 30 km, le coureur a épuisé ses réserves de glycogène et souffre alors d'hypoglycémie (Stevinson & Biddle, 1998). La déplétion du glycogène et l'hypoglycémie limitent la performance lors d'activités dépassant 60 à 90 minutes.

2.2.4.1.2 Accumulation des produits métaboliques

La dégradation anaérobie du glycogène mène à une accumulation intracellulaire de produits inorganiques (Westerblad et al., 2002). Certains chercheurs affirment que ces éléments seraient responsables de l'apparition de la fatigue (Wilmore, 2008).

En premier lieu, l'hydrolyse de la créatine phosphate produit de la créatine et du phosphate inorganique (P_i). Plusieurs études ont montré qu'une accumulation de P_i dans le muscle diminue sa capacité contractile (Westerblad et al., 2002).

En second lieu, la chaleur produite par la dépense énergétique pourrait altérer la fonction musculaire (Wilmore, 2008). Galloway et Maughan ont étudié le rôle de la température ambiante sur la performance de huit cyclistes. Ils ont remarqué que le temps jusqu'à l'épuisement était plus long à 11°C et que la fatigue apparaissait plus vite à une température ambiante de 31°C (Galloway & Maughan, 1997).

Finalement, parlons du lactate, un produit métabolique présent en grande quantité après un effort anaérobie (Westerblad et al., 2002). L'acide lactique est indirectement responsable de la fatigue. S'il n'est pas utilisé comme substrat énergétique pour l'oxydation, il se transforme en lactate et libère des ions d'hydrogène (H^+) (Wilmore, 2008). Leur accumulation cause une acidose musculaire. Ces changements de pH affectent la production d'énergie et la contraction musculaire en inhibant des enzymes et diminuant la vitesse de glycolyse et la production d'ATP. De plus, la présence d'ions H^+ dans le muscle empêche le calcium de jouer son rôle dans le couplage actine-myosine et par conséquent altère la force de contraction musculaire. Les chercheurs s'accordent sur le fait qu'un pH musculaire bas est un obstacle majeur dans la performance et la première cause de fatigue lors d'un effort maximal durant plus de 20 à 30 secondes (Wilmore, 2008).

2.2.4.2 La fatigue centrale

La fatigue centrale est due à une diminution de l'activité nerveuse, qui entraînerait une incapacité à transmettre l'influx nerveux vers la membrane pour activer les fibres musculaires (Wilmore, 2008)

Le système nerveux central semble également jouer un rôle dans son apparition. L'encouragement verbal, le fait de crier ou d'écouter de la musique peuvent augmenter la force de contraction musculaire. Ces mécanismes ne sont pas encore parfaitement compris par les scientifiques, mais ils estiment que la fatigue psychologique apparaît avant les réelles limitations physiologiques des muscles (Wilmore, 2008). Sauf s'ils sont extrêmement motivés, la plupart des individus cessent l'activité avant l'épuisement musculaire physiologique. Outre le travail musculaire, l'entraînement permet d'augmenter la tolérance psychologique à l'effort intense.

La fatigue perçue par le sportif peut être mesurée au moyen d'une échelle visuelle analogique (EVA). D'autres échelles, comme la *Fatigue Severity Scale* ou la *Profile of Mood States* (Hewlett, Hehir, & Kirwan, 2007), permettent d'évaluer le niveau de fatigue mais sont davantage axées sur la fatigue psychologique que sur la fatigue musculaire.

2.2.5 Le lactate sanguin

Lors d'un effort de haute intensité, les fibres rapides sont principalement recrutées. Le muscle a besoin d'énergie sous forme de grandes quantités d'ATP pour se contracter. Le système ATP-CP est une source d'énergie suffisante pour une courte période de temps, mais après quelques secondes, c'est le système de glycolyse anaérobie qui rentre en action. La dégradation du glucose produit de l'acide pyruvique. Sans oxygène, il est ensuite converti en acide lactique. Quand l'acide lactique relâche des ions H^+ , les parties restantes rejoignent des ions de sodium (Na^+) ou des ions de potassium (K^+) pour former un sel, appelé « lactate ». En résumé, la glycolyse anaérobie produit de l'acide lactique, qui se dissocie rapidement pour former du lactate. Pour cette raison, les termes sont souvent utilisés de manière interchangeable, alors qu'ils ne se réfèrent pas à la même molécule (Wilmore, 2008). Le lactate peut être mesuré avec des échantillons de sang prélevé à partir du lobe de l'oreille, du bout du doigt ou d'une veine. Un analyseur de lactate permet d'exprimer les concentrations sanguines.

L'effort de haute intensité a pour conséquence une diminution du stock d'ATP, de créatine phosphate et de glycogène présents dans le muscle, avec en contrepartie une augmentation des ions H⁺, du lactate et des produits de dégradation de l'ATP (Hargreaves et al., 1998).

Lors d'un sprint de une à deux minutes, les concentrations d'acide lactique du muscle peuvent augmenter d'une valeur de repos de 1 [mmol/kg] de muscle à plus de 25 [mmol/kg]. Cette acidification des fibres musculaires inhibe la décomposition du glycogène et diminue la capacité des fibres à capter le calcium, ce qui affaiblit le pouvoir contractile du muscle (Wilmore, 2008).

2.3 Le Massage

2.3.1 Définition

« On entend par massage 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. » (“Décret no 96-879 du 8 octobre 1996 relatif aux actes professionnels et à l'exercice de la profession de masseur-kinésithérapeute | Legifrance,” n.d.).

Certains points de cette définition sont essentiels à comprendre pour cerner la vision physiothérapeutique du massage.

Tout d'abord la notion de but thérapeutique nous amène à distinguer deux formes de massage de façon très claire : le massage hygiénique et le massage thérapeutique. Le premier vise le bien-être et est avant tout agréable pour la personne qui le reçoit. Tout le monde est en droit de pratiquer cette forme de massage. Le massage thérapeutique, lui, poursuit un objectif particulier. Il est précédé d'un bilan qui détermine si le massage est indiqué et sans danger. Sa pratique suppose des connaissances anatomiques et physiologiques solides, un raisonnement clinique approfondi ainsi que des compétences techniques et relationnelles spécifiques. Seuls les thérapeutes diplômés sont en droit de pratiquer ce type de massage (Dufour, 1999).

Ensuite, le concept de contact entre en compte. Notre travail s'intéresse au massage purement manuel et nous utiliserons le terme de massage au sens univoque de cette modalité. Le toucher permet au masseur d'entrer en contact avec son patient et

d'apprécier la qualité des tissus sous sa main autant que de les traiter (Storck, Junker, & Rostalski, 2007).

Il existe différentes formes de massage. Notre travail porte sur le massage appliqué à l'appareil locomoteur dit « classique », par opposition à des méthodes particulières telles que le drainage lymphatique manuel, la réflexologie ou la fasciathérapie.

2.3.2 Historique

“ Massage (...) is a very ancient form of treatment, so ancient that one may consider its history to be as old as that of mankind, and its beginning prehistoric.” (Kleen, 2012)

Le massage dans sa forme la plus primaire, c'est-à-dire toucher pour faire du bien, existe depuis la nuit des temps. Nous éprouvons tous de façon intuitive le besoin de frotter une partie du corps qui nous fait mal. Nous avons donc ce réflexe de toucher, de serrer, d'appuyer sur une zone douloureuse et savons aussi poser une main compatissante, encourageante sur l'épaule d'un proche.

Le texte le plus ancien faisant mention du massage date du 3^{ème} millénaire avant J.C. Il vient d'un ouvrage de médecine écrit en Chine sous l'Empereur Huang Ti (Goats, 1994b). Cette forme de soins semble avoir été utilisée de tout temps et en tout lieu du globe. D'autres textes l'abordent, notamment en Inde, en Grèce, en Italie, en Egypte et dans les pays arabes. Le massage a été importé en Occident par des missionnaires français au 19^e siècle (Holey & Cook, 2011). Certains termes issus de la langue française sont d'ailleurs encore utilisés par tous les masseurs du monde (effleurage, pétrissage, tapotement, etc.). Le massage a ensuite beaucoup évolué. Des techniques spécifiques se sont développées dans différentes régions et les approches varient d'un endroit à un autre.

Le massage est utilisé depuis longtemps dans le milieu du sport (Callaghan, 1993; Goats, 1994b). Les physiothérapeutes du sport l'utilisent autant pour préparer à l'effort et augmenter la performance que pour aider à la récupération et soigner les blessures liées à la pratique sportive (Galloway & Watt, 2004).

Récemment, la recherche scientifique s'est intéressée à cette technique ancestrale et des études sont conduites pour prouver l'efficacité du massage dans divers domaines.

2.3.3 Techniques

Les techniques ne sont pas décrites exactement de la même façon selon les auteurs. Nous avons choisi la terminologie qui se rapproche le plus de ce qui est enseigné aux physiothérapeutes issus de la Haute École de Santé de Genève.

2.3.3.1 Effleurage (*stroking*)

L'effleurage est une technique superficielle où le masseur fait glisser ses mains sur la peau de la personne massée sans appuyer. La peau ne doit pas être entraînée ni déformée par la pression. La main doit rester souple et épouser la forme du corps (Dufour, 1999). Cette technique est souvent utilisée pour commencer ou terminer un massage (Goats, 1994a). Elle permet une bonne prise de contact, en douceur (Callaghan, 1993). Si l'on utilise de la crème ou de l'huile, c'est un bon moyen de l'appliquer sur l'étendue de la zone à traiter (Holey & Cook, 2011)). Les effleurages peuvent être effectués sur tout le corps, de manière transversale, ovale ou longitudinale, le plus souvent de distal vers proximal (Goats, 1994a).

Les effleurages à rythme lent peuvent être relaxants aussi bien physiquement que psychologiquement. Ils auraient un effet sédatif et sont perçus comme agréables (Dufour, 1999). A vitesse élevée, les effleurages peuvent être stimulants. On a recours à cette dernière modalité notamment dans un massage de préparation à l'effort (Goats, 1994a).

2.3.3.2 Pression glissée

Les mains glissent sur la peau tout en écrasant les tissus mous (Dufour, 1999). Elles restent entièrement en contact avec le corps et s'adaptent à ses reliefs. Les manœuvres sont effectuées à rythme lent pour un effet plutôt relaxant, à rythme plus rapide en vue d'un massage stimulant, généralement de distal vers proximal. Les pressions glissées ont un effet sédatif et délassant. Elles auraient un grand impact sur les fluides et favoriseraient le retour veineux lorsqu'elles sont effectuées en direction du cœur (Goats, 1994a). La manœuvre spécifique de l'accrochage permettrait déjà d'étirer certains muscles en les mettant sous tension (Goats, 1994b).

2.3.3.3 Pression statique

Cette technique est réalisée au moyen d'un appui en regard d'un contre-appui généralement osseux pour comprimer les tissus. Elle s'effectue sans glissement sur la peau. Le contact doit s'instaurer en douceur. L'augmentation de la pression est

progressive et garde la même direction. Les pressions statiques aideraient à lever une tension localisée, par exemple une contracture ou un spasme musculaire. Elles auraient également une action sur le système vasculaire et sont notamment utilisées pour augmenter le retour veineux ou, à faible pression, le retour lymphatique (Dufour, 1999).

2.3.3.4 Pétrissage superficiel

Cette technique s'adresse uniquement à la peau. Elle consiste à décoller la peau des tissus sous-jacents pour pouvoir la mobiliser en étirement et en torsion. Cette manœuvre peut être désagréable, voire douloureuse. Elle peut servir d'examen pour juger de la souplesse et de la qualité de la peau (Dufour, 1999).

2.3.3.5 Pétrissage profond (*kneading*)

Le pétrissage profond s'adresse aux muscles. Le tissu est soulevé des plans sous-jacents, puis comprimé, torsadé et étiré (Holey & Cook, 2011). Le mouvement doit rester fluide. Il permettrait d'étirer et de détendre les muscles (Goats, 1994a).

2.3.3.6 Friction

Les frictions sont exercées par un mouvement perpendiculaire à la structure massée avec une pression appuyée pour mobiliser un tissu par rapport à un autre. C'est une technique très locale, appliquée principalement aux tendons et aux ligaments, parfois aux muscles. Cette manœuvre vise à libérer les adhérences et relâcher les contractures. Elle agirait par une destruction des tissus fibrosés et un étirement des fibres de collagène (Goats, 1994a). Certains auteurs mettent en garde contre le caractère néfaste de cette technique si elle est réalisée de manière trop appuyée. Elle peut causer des saignements (Callaghan, 1993).

2.3.3.7 Vibration

La vibration est réalisée par le tremblement des mains appuyées sur une partie du corps (Goats, 1994a). L'onde ainsi produite est transmise aux tissus. Elle peut avoir un effet de relâchement ou stimulant selon l'intensité de la pression et la fréquence vibratoire (Dufour, 1999).

2.3.3.8 Percussion

Connue aussi sous le nom de tapotement, la percussion agit en propageant une onde vibratoire dans les tissus. Elle déclencherait ainsi des réactions réflexes au niveau des muscles et des vaisseaux sanguins. Comme son nom l'indique, elle est réalisée en

martelant le corps de la personne massée. Cette technique énergique nécessite une adaptation particulière à la zone corporelle massée et à l'objectif thérapeutique. Elle est le plus souvent utilisée dans un but stimulant, par exemple lors d'un massage de préparation à l'effort (Dufour, 1999).

2.3.3.9 Lubrifiants

L'utilisation de crème ou d'huile présente l'avantage de faciliter le glissement des mains sur la peau. Les forces de friction en sont diminuées et cela représente un avantage certain, notamment lorsque la zone massée est recouverte d'une pilosité développée. De plus, certaines huiles auraient, semble-t-il, des vertus diverses : analgésie, détente, hydratation, etc. En revanche, le massage sans adjuvant permet de mieux tenir la peau car elle ne glisse pas. Cela facilite notamment les techniques plus profondes comme le pétrissage.

2.3.4 Effets attendus du massage

2.3.4.1 Peau

Selon Dufour, le massage assouplirait la peau et la rendrait plus fine grâce au phénomène de desquamation : le frottement réduirait de façon mécanique la couche cornée de la peau (Dufour, 1999). Il permettrait également de libérer les adhérences cutanées et de redonner de la mobilité (Donnelly & Wilton, 2002).

Le massage améliorerait la trophicité de la peau. Il provoquerait ainsi une augmentation des échanges métaboliques et énergétiques. (Dufour, 1999). Il a été prouvé que le massage provoquait une augmentation de la température cutanée (Drust, Atkinson, Gregson, French, & Binningsley, 2003). Par le biais du contact, un échange de chaleur s'opère entre la main du masseur et le corps du massé. Le frottement des mains sur la peau augmenterait la chaleur du tissu (Holey & Cook, 2011).

2.3.4.2 Circulation

Le massage favoriserait la vasodilatation des capillaires sanguins de surface de façon mécanique et réflexe. On peut constater une hyperémie plus ou moins marquée. Ce phénomène comporte plusieurs explications. Tout d'abord, l'action mécanique du massage, le frottement, agirait directement sur les capillaires sanguins sous-cutanés. Ensuite, le massage déclencherait de façon réflexe la sécrétion de substances vasodilatatrices comme l'histamine (Goats, 1994b). Enfin, il stimulerait un réflexe

d'axone directement à l'origine de la vasodilatation. La vasodilatation favorise les échanges entre les cellules et le sang et permet donc une meilleure élimination des déchets du métabolisme et une meilleure absorption des nutriments et de l'oxygène (Dufour, 1999).

Le massage accélérerait le retour veineux, tout particulièrement grâce aux techniques de pressions glissées et statiques effectuées à rythme lent. Elles « poussent » le sang en direction du cœur. Pour un effet optimal, il est important de connaître le trajet des veines principales. L'installation en déclive et quelques contractions concentriques réalisées par le sujet participeraient également à l'efficacité du massage (Dufour, 1999).

En augmentant la vitesse du retour veineux, le massage aurait aussi une action sur le système artériel. En effet, si davantage de sang arrive au cœur par les veines caves, le volume d'éjection cardiaque et le débit sanguin augmentent. Cela permettrait aux différents tissus de guérir plus rapidement (Goats, 1994b). C'est un effet recherché lors du massage après l'effort chez le sportif, mais son existence est encore controversée. Dans une méta-analyse de 2004 sur les effets du massage, Moyer et al. ont mis en avant une baisse de la fréquence cardiaque et de la pression sanguine suite à un massage (Moyer, Rounds, & Hannum, 2004).

2.3.4.3 Muscles et tendons

Le massage serait efficace pour la décontraction des muscles. Il permettrait par exemple de diminuer tensions et contractures après un effort soutenu. En redonnant de la souplesse aux muscles et aux tendons, l'amplitude articulaire augmenterait (Weerapong & Kolt, 2005), la fonction s'améliorerait et les douleurs diminueraient (Torres, Ribeiro, Alberto Duarte, & Cabri, 2012). Les mécanismes avancés pour expliquer cet effet concernent la trophicité et l'action sur le système nerveux. Pour ce qui est de la trophicité, c'est en augmentant la vascularisation du muscle que le massage favoriserait les échanges entre milieu sanguin et cellulaire, comme c'est le cas au niveau cutané. Au niveau du système nerveux, les processus mis en jeu sont nombreux et mal connus. La mise sous tension des muscles et l'atténuation du réflexe de Hoffman¹¹ diminuent tout

¹¹ Le réflexe de Hoffman est la réponse d'un muscle à la stimulation électrique des fibres sensorielles du nerf qui l'innerve. L'activité réflexe est mesurée à l'aide d'un électromyogramme. Il se rapproche du réflexe d'étirement monosynaptique.

deux l'excitabilité du motoneurone. Il semblerait en revanche que les effets sur le système nerveux cessent avec la fin du massage (Dufour, 1999 ; Holey & Cook, 2011).

Le massage permettrait également de libérer les adhérences tissulaires en étirant les fibres. Les glissements entre différents plans de tissus seraient facilités et l'extensibilité des aponévroses et des fascias s'en trouverait augmentée (Dufour, 1999 ; Holey & Cook, 2011). L'augmentation de la température musculaire a également été observée comme conséquence d'un massage du vaste latéral, mais uniquement jusqu'à 2.5 cm de profondeur (Drust et al., 2003).

L'efficacité du massage sur la contraction musculaire est controversée. Certains auteurs ont montré une augmentation de la force après un massage (Farr, Nottle, Nosaka, & Sacco, 2002) et plus de hauteur lors d'un saut vertical (Mancinelli et al., 2006). Au contraire, beaucoup d'études indiquent que le massage n'améliore pas, voire diminue, les performances musculaires en force autant qu'en endurance (Balke, Anthony, & Wyatt, 1989; B. J. Hemmings, 2001). L'explication se rapporterait à nouveau à la diminution du réflexe de Hoffman (Morelli, Seaborne, & Sullivan, 1990; Sullivan, Williams, Seaborne, & Morelli, 1991).

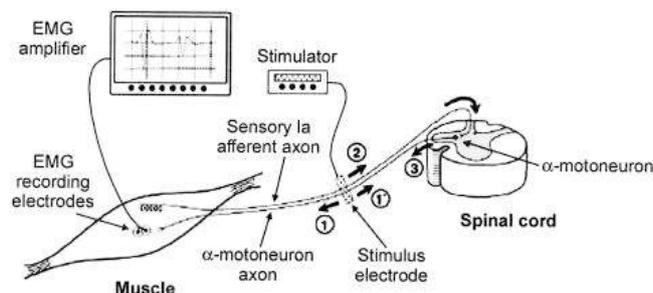


Figure 6 : Tiré de (Palmieri, Ingersoll & Hoffman, 2004)

2.3.4.4 Système nerveux

Le massage stimulerait les récepteurs sensitifs de la peau et entraînerait des réactions globales au niveau du système nerveux. Suivant le rythme, l'intensité et le type de manœuvres effectuées, on peut observer soit un relâchement, soit une tonification du corps tout entier (Storck et al., 2007).

Le massage aurait une action sédative. En stimulant les récepteurs sensitifs du tact fin, il pourrait court-circuiter les informations douloureuses qui remontent au cerveau. C'est le phénomène du « gate-control » (Dufour, 1999 ; Goats, 1994c). Le principe est le même que lorsque l'on frotte ou souffle sur une blessure pour faire passer la douleur.

2.3.4.5 Psychologie

L'influence du massage sur le psychisme est évidente, mais elle peut varier énormément d'un individu à l'autre, d'un thérapeute à un autre ou d'une situation à une autre (Dufour, 1999). Le massage est un excellent moyen de relaxation générale (Goats, 1994b ; Storck et al., 2007). La pratique d'une activité sportive peut représenter un stress, tant physique que psychologique, et les athlètes apprécient ce moment de retour au calme après l'effort. De plus, les facteurs psychologiques pourraient jouer un grand rôle sur la récupération.

Moyer et al. ont mis en évidence par une méta-analyse une diminution de l'état d'anxiété, de la dépression et de la douleur ressentie après plusieurs massages. Apparemment, l'attitude du patient envers la thérapie, les caractéristiques du masseur et leur relation influeraient énormément sur les effets du massage (Moyer et al., 2004).



Figure 7 : Tiré de Patrick Dufour, 2011

2.3.5 Le massage dans le sport

Le massage occupe une place importante dans la prise en charge des sportifs, quels que soient leur niveau et leur discipline. De manière générale, il vise à optimiser les performances et limiter les dommages causés par l'activité (Galloway & Watt, 2004).

2.3.5.1 Massage de préparation avant l'effort

Malgré son utilisation fréquente, le massage stimulant avant l'effort n'aurait aucune efficacité physiologique prouvée sur la performance musculaire. Au contraire, l'étirement des muscles lors du massage et son action réflexe sur les neurones moteurs semblent être à l'origine d'une diminution de la force musculaire quelques minutes après la manœuvre (Dufour, 1999). Le sujet reste néanmoins débattu et la littérature actuelle n'est pas suffisante pour trancher sur l'intérêt du massage pré-compétition (Brummitt, 2008). Toutefois, les sportifs les apprécient et n'hésitent pas à réquisitionner leur physiothérapeute avant d'entrer sur le terrain ou de commencer une course. Cela peut avoir un effet placebo sur le mental du sportif. C'est également un moyen de détresser ; son impact psychologique n'est donc pas à négliger (Dufour, 1999; Goats, 1994b).

2.3.5.2 Massage de récupération après l'effort

La récupération est extrêmement importante pour les sportifs de bon niveau qui enchaînent souvent les compétitions à un rythme soutenu. C'est pourquoi tout est mis en œuvre pour que les sportifs soient au meilleur de leur forme tout au long de la saison. Le massage figure donc en bonne position dans leur programme (Holey & Cook, 2011).

Entre deux efforts, le massage est utilisé pour éliminer les métabolites¹² produits par l'activité physique grâce à son action supposée sur la circulation et également pour diminuer les tensions musculaires (Holey & Cook, 2011).

Après un effort, le massage est censé prévenir l'apparition de courbatures (Holey & Cook, 2011). Il permet au sportif de se relaxer et rend possible le dépistage d'un trouble plus important lié à l'effort accompli (Dufour, 1999). La majorité des athlètes sont convaincus de son potentiel pour alléger les douleurs musculaires post effort (Howatson & Van Someren, 2008).

¹² Métabolites : Composés organiques issus du métabolisme.

3 Méthodologie

3.1 Recherche d'articles

Les recherches ont été effectuées le 9 janvier 2013 à la bibliothèque du Centre Médical Universitaire de Genève. Nous avons utilisé Mozilla Firefox® comme navigateur et Zotero® pour collecter les références des articles obtenus. Nous avons consulté les bases de données suivantes : PubMed, CINAHL, Embase, Cochrane, PEDro et Kinedoc. Les équations de recherche se trouvent en annexe [Annexe 1].

3.2 Sélection des articles

A la lecture des titres et des résumés, nous avons sélectionné les articles par bases de données selon les critères suivants :

1. Les articles sont rédigés en français ou en anglais.
2. Les études sont expérimentales.
3. Les sujets sont des adultes en bonne santé, entre 18 et 65 ans, hommes ou femmes.
4. L'étude s'intéresse à l'effort sur vélo (cyclo-ergomètre des membres inférieurs, vélo de route ou vélo de fitness).
5. L'étude comporte le massage manuel comme intervention après l'effort.
6. Les outcomes étudiés se rapportent : au lactate sanguin, aux courbatures, à la raideur musculaire, à la douleur, à la perception de fatigue, à la performance ou à la récupération musculaire.

Les résultats de toutes les bases de données consultées ont été rassemblés et les duplicatas supprimés. Dix articles restaient.

A la lecture complète de chaque article restant, les mêmes critères de sélection ont été appliqués et quatre articles supplémentaires ont été rejetés. Un article (Hart, Swanik, & Tierney, 2005) n'étudiait pas un effort sur vélo. Deux autres (Arroyo-Morales et al., 2008; Arroyo-Morales et al., 2009) n'étudiaient pas les outcomes choisis. Et le dernier (Arroyo-Morales et al., 2008a) avait pour intervention le « massage myofascial » qui est constitué de techniques d'étirement des fascias plutôt que de massage. De plus, nous avons réalisé que les trois articles d'Arroyo-Morales (Arroyo-Morales et al., 2009;

Arroyo-Morales et al., 2008a; Arroyo-Morales et al., 2008) étaient basés exactement sur la même étude.

Nous avons encore obtenu un article correspondant à nos critères grâce à l'alerte électronique d'une recherche antérieure. Le total des articles inclus dans notre travail s'élève donc à sept.

Une étude correspondant à nos critères de sélection est parue depuis la date de notre recherche (Paoli et al., sous presse.). Nous n'avons donc pas pu l'inclure directement dans l'analyse, mais nous en ferons mention dans la discussion.

Concernant les outcomes, aucun article n'étudiait la douleur, les courbatures ou la récupération. Nous ne pourrions donc pas traiter ces sujets. Les outcomes étudiés restants sont : le lactate sanguin, la raideur musculaire, la perception de fatigue et la performance.

Le processus de sélection des articles est illustré par le Tableau 1.

3.3 Extraction des données

Pour extraire les données de nos articles, nous avons élaboré ensemble une grille en nous basant sur l'un de nos articles. Avec sept articles, nous n'avions pas le temps de réaliser l'extraction à double, aussi nous nous sommes réparties le reste des études à analyser. Nous avons ensuite repris les grilles ensemble pour vérifier les données extraites et les uniformiser [Annexe 2].

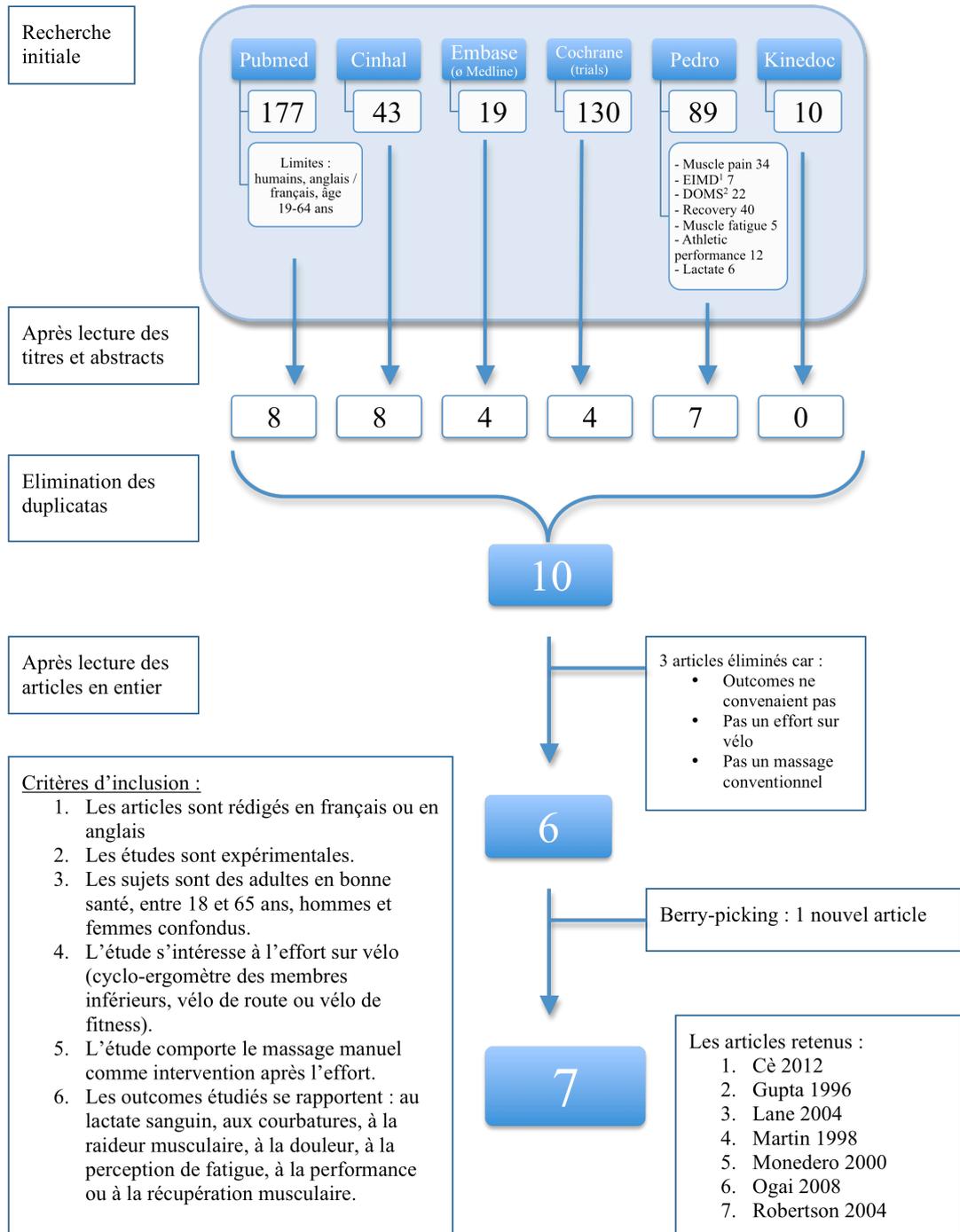
3.4 Evaluation de la qualité

Afin d'évaluer la qualité de nos articles, nous avons utilisé la « *Checklist for Measuring Quality* » (Downs & Black, 1998). Cette grille est applicable à tous les articles quantitatifs, quel que soit leur design. Même si elle n'a pas été créée spécifiquement dans ce but, elle convient tout à fait au domaine de la santé. Elle est rédigée en anglais et regroupe 27 items répartis en cinq catégories : 1. Qualité de l'étude, 2. Validité externe, 3. Biais de l'étude, 4. Biais de facteurs confondants et de sélection, 5. Puissance de l'étude. La grille dans sa forme complète se trouve en annexe avec l'accord des auteurs [Annexe 3]. Les items sont rédigés sous forme de question à choix multiples correspondant à un nombre de points. Il est ainsi possible de calculer un score total ("Quality Checklist for Health Care Intervention Studies | Registry of Methods and Tools | National Collaborating Centre for Methods and Tools," n.d.).

La « *Checklist for Measuring Quality* » a été évaluée par une étude pilote et une deuxième étude après révision en 1998. Elle est fiable et valide. Seule la catégorie n°2 (Validité externe), a une fiabilité basse (Downs & Black, 1998).

Les recommandations qui accompagnent la grille fixent le score maximum à 30 points, alors que, selon nos calculs, le nombre total s'élève à 32 (un point maximum par item sauf item n°5 (deux points) et item n°27 (cinq points)). De plus, nous avons modifié la question n°27 qui ne compte plus qu'un point. Le total sur lequel nous nous basons est ainsi de 28 points.

Tableau 1 : Diagramme de méthodologie de sélection des articles



1 : EIMD : exercise-induced muscle damage
2 : DOMS : delayed onset muscle soreness

4 Résultats

4.1 Qualité

4.1.1 Design et niveau de preuve

Notre sélection d'articles regroupe sept études croisées randomisées. Ce sont des essais comparatifs de faible puissance, car les échantillons sont relativement modestes : de neuf (Cè et al., 2012; Robertson, Watt, & Galloway, 2004) à dix-huit sujets (Monedero & Donne, 2000). Leur niveau de preuve scientifique est donc de deux (Sackett, 1989).

4.1.2 Grille de qualité

Les résultats de l'évaluation de la qualité de nos sept articles par la « *Checklist for Measuring Quality* » de Downs et Black sont présentés dans le Tableau 1. Les totaux vont de 15/28 pour Monedero et Donne à 18/28 pour Martin et al. et Ogai et al.

Certains éléments de l'évaluation de la qualité scientifique de nos articles méritent quelques commentaires. L'item n°5 précise que la liste des facteurs confondants doit figurer dans l'article, alors qu'elle n'apparaît dans aucune de nos études. Nous n'avons donc accordé aucun point pour cette question. Toutefois, avec un design croisé, les facteurs confondants ne devraient pas avoir d'impact sur les résultats, puisque chaque sujet reçoit toutes les interventions. Au sujet du point n°8, aucun article ne fait mention d'effets indésirables et aucun point n'a été accordé. Cela dit, les effets secondaires du massage sont, à notre connaissance, très restreints. Les items n°9 et 26 à propos des sujets perdus de vue (*lost to follow-up*) nous ont également posé problème car nous n'avons trouvé aucune information à ce sujet dans nos articles. Cependant, puisque les échantillons étaient de petite taille (entre neuf et dix-huit participants) et les études de relativement courte durée, nous avons conclu qu'il n'y avait pas eu de pertes de sujet. Conformément aux commentaires de la grille de qualité, nous avons donc accordé un point par question à chaque article. Les items n°11 et 12 concernent la population. Aucun de nos articles ne spécifie la population à laquelle il s'intéresse. Nous n'avons donné aucun point pour ces deux questions. Pour la question n°13, nous n'avons accordé qu'un point à l'article de Lane et Wenger, car il stipule que les conditions d'exercice se rapprochent d'une session d'entraînement s'adressant à des athlètes impliqués dans des sports avec efforts intermittents, comme le hockey sur glace ou le rugby (Lane & Wenger, 2004). Les autres études n'ont pas montré leur volonté de

présenter un protocole représentatif de la pratique sportive réelle. Les items 14 et 15 se rapportent à l'aveuglement des sujets et des évaluateurs. Le message est impossible à cacher aux participants, aussi nous n'avons donné aucun point pour la question 14. Aucun article ne donnait de précision quant à l'aveuglement des évaluateurs, alors qu'il aurait été possible à mettre en place. Nous n'avons accordé aucun point pour la question n°15. L'item n°24 stipule que la répartition des sujets doit rester cachée jusqu'à la fin du recrutement. Aucun de nos articles n'en fait mention, nous n'avons donc donné aucun point, même si cela n'a pas beaucoup d'impact étant donné le design croisé. Le dernier item, n°27, équivaut à la puissance de l'étude et nous n'avions pas d'outil pour la calculer. C'est pourquoi, en accord avec nos enseignants, nous avons décidé d'accorder un point aux études ayant calculé la taille d'échantillon nécessaire pour atteindre une puissance suffisante, et zéro point aux études ne donnant pas de précision à ce sujet.

Aucune de nos études ne sort réellement du lot grâce à ses qualités scientifiques. Leurs résultats doivent donc être considérés avec précaution.

Tableau 2 : Checklist for Measuring Study Quality (Downs & Black, 1998)

		Cè 2012	Gupta 1996	Lane 2004	Martin 1998	Monedero 2000	Ogai 2008	Robertson 2003
1	<i>Hypothesis / aim / objective</i>	1	1	1	1	1	1	1
2	<i>Main outcomes</i>	1	1	1	1	1	1	1
3	<i>Characteristics of the patients</i>	1	1	0	1	0	1	0
4	<i>Interventions of interest</i>	1	1	1	1	1	1	1
5	<i>Principal confounders</i>	0	0	0	0	0	0	0
6	<i>Main findings</i>	0	1	1	1	1	1	1
7	<i>Estimates of random variability</i>	1	1	1	1	1	1	1
8	<i>Important adverse events</i>	0	0	0	0	0	0	0
9	<i>Lost to follow-up, patients characteristics</i>	1	1	1	1	1	1	1
10	<i>Probability values</i>	1	0	0	1	0	1	1
11	<i>Subjects asked to participate</i>	0	0	0	0	0	0	0
12	<i>Subjects prepared to participate</i>	0	0	0	0	0	0	0
13	<i>Staff, places and treatment</i>	0	0	1	0	0	0	0
14	<i>Blind subjects</i>	0	0	0	0	0	0	0
15	<i>Blind evaluators</i>	0	0	0	0	0	0	0
16	<i>"Data dredging"</i>	1	1	1	1	1	1	1
17	<i>Follow-up adjustment</i>	1	1	1	1	1	1	1
18	<i>Statistical tests</i>	1	1	1	1	1	1	1
19	<i>Compliance</i>	1	1	1	1	1	1	1
20	<i>Main outcome measures</i>	1	1	1	1	0	1	1
21	<i>Patients recruited from same population</i>	1	1	1	1	1	1	1
22	<i>Subjects recruited over the same period of time</i>	1	1	1	1	1	1	1
23	<i>Subjects randomised</i>	1	1	1	1	1	1	1
24	<i>Assignment concealed</i>	0	0	0	0	0	0	0
25	<i>Adjustment for confounding</i>	0	1	1	1	1	1	1
26	<i>Losses of patients to follow-up</i>	1	1	1	1	1	1	1
27	<i>Sufficient power</i>	1	0	0	0	0	0	0
Score final		17	17	17	18	15	18	17

4.2 Outcomes

Nos résultats sont résumés par étude dans le Tableau 2. Ils se trouvent sous forme graphique en annexe [Annexe 4]. Certains de nos articles ont étudié d'autres modalités de récupération (comme la récupération active ou l'immersion dans l'eau froide). Dans ce chapitre, nous présentons uniquement les effets du massage par rapport à la récupération passive.

4.2.1 Performance

La performance est un outcome qui peut être mesuré de plusieurs façons. Parmi nos articles, certains auteurs ont décidé d'évaluer un deuxième effort à vélo (performance physique/sportive) tandis que d'autres ont choisi une mesure de force analytique détachée de l'effort à vélo (performance musculaire).

4.2.1.1 Performance physique

Lane et Wenger ont réalisé une étude croisée randomisée sur dix hommes actifs. Après avoir effectué un effort maximal de dix-huit minutes avec un ratio de travail sur temps de repos de 1/5, ils ont bénéficié d'un massage des membres inférieurs, ou d'une immersion dans l'eau froide, ou de récupération active, ou de récupération passive assis. Chacune des interventions durait quinze minutes. 24 heures plus tard, ils ont fourni un nouvel effort à vélo, en tous points identiques au premier. Lors de chaque effort, le travail total a été mesuré en kilojoules pour permettre une comparaison entre l'effort 1 et l'effort 2. Les résultats ont montré un maintien du travail total en kilojoules dans le groupe massage (effort 1 : 105.8 [kJ], effort 2 : 104.8 [kJ], $p > 0.05$), mais une diminution du travail total dans le groupe récupération passive (effort 1 : 108.1 [kJ], effort 2 : 106.0 [kJ], $p < 0.05$). Aucune comparaison statistique n'a été faite entre les groupes (Lane & Wenger, 2004).

Les dix-huit cyclistes entraînés de l'étude croisée randomisée de Monedero et Donne ont effectué deux efforts de 5 km, entrecoupés par quinze minutes d'intervention (massage, récupération active, récupération combinée (récupération active et massage) ou récupération passive). Les résultats sont basés sur la différence de temps de performance (exprimée en secondes) entre l'effort 1 et l'effort 2. La différence de temps s'est révélée moindre dans le groupe « récupération combinée » (2.9 [s]) que dans le groupe « massage » (7.7 [s], $p < 0.05$) ou le groupe « récupération passive » (9.9 [s], $p < 0.01$). Nous ne savons pas si la différence observée entre massage et récupération

passive est significative car aucun calcul statistique n'a été fait pour comparer ces deux modalités (Monedero & Donne, 2000).

Dans l'étude croisée randomisée d'Ogai et al., onze étudiantes actives ont effectué un effort supramaximal consistant en huit séries de pédalage de cinq secondes, espacées de vingt secondes de repos, à une charge adaptée au poids corporel. Cet effort (effort 1) était suivi de 35 minutes de récupération lors de laquelle les sujets ont reçu ou non dix minutes de massage. Ils ont ensuite fourni le même effort (effort 2). Les résultats ont montré une augmentation significative de la puissance totale en joules dans le groupe massage (effort 1 : 15717 [J], effort 2 : 16226 [J], $p < 0.001$) et une diminution significative dans le groupe récupération passive (effort 1 : 15849 [J], effort 2 : 15696 [J], $p < 0.001$). Le ratio (effort 2/effort 1) était également significativement plus élevé dans le groupe massage comparé au groupe récupération passive (103.1 [%] contre 99.2 [%] respectivement, $p < 0.01$) (Ogai et al., 2008).

Dans une étude croisée randomisée, Robertson et al. ont demandé à neuf sujets masculins sportifs de réaliser six Wingate tests de 30 secondes, séparés de 30 secondes de récupération active. Après cinq minutes de récupération active pour tous, ils ont reçu vingt minutes de massage ou vingt minutes de récupération passive. Après l'intervention, ils ont effectué un dernier Wingate test de 30 secondes. Aucune différence significative n'a été observée lors du deuxième effort, ni pour la puissance pic ($p = 0.75$), ni pour la puissance moyenne ($p = 0.66$). En revanche, l'indice de fatigue moyen, c'est-à-dire la différence entre la puissance développée lors des cinq premières et les cinq dernières secondes d'effort (exprimée en pourcentage des cinq premières secondes), s'est révélé plus bas pour l'intervention massage (30.2 [%]) comparé à la récupération passive (34.2 [%]) (Robertson et al., 2004).

4.2.1.2 Performance musculaire

L'étude croisée randomisée de Cè et al. a rassemblé neuf sujets. L'effort à vélo de huit minutes (90 [%] de la $VO_2\text{max}$) était suivi par dix minutes d'intervention. Les différentes modalités étaient : massage superficiel (relâchement myofascial), massage profond, stretching, récupération active et récupération passive. Ils ont mesuré la contraction maximale volontaire (MVC) isométrique du quadriceps à 90° de flexion de genou avec un capteur de pression piézo-électrique. La meilleure valeur des trois essais a été retenue. Ils ont également réalisé une électromyographie (EMG) de surface des

muscles vaste médial, vaste latéral et droit de la cuisse. Les résultats ne montrent aucune différence significative entre massage profond et récupération passive (Cè et al., 2012).

4.2.2 Perception de fatigue

Ogai et al. ont évalué la perception de fatigue des membres inférieurs par une échelle visuelle analogique (EVA). Chiffrée de gauche à droite de 0 – 100 millimètres, 0 indiquait « aucune fatigue » et 100 « épuisement extrême ». Leur étude a mis en évidence une différence significative en faveur du massage à quinze minutes après l'effort (24.5 [mm] contre 32.7 [mm], $p < 0.01$) et à trente minutes après l'effort (11.0 [mm] contre 18.3 [mm], $p < 0.05$) (Ogai et al., 2008).

4.2.3 Raideur musculaire

Ogai et al. ont mesuré la rigidité musculaire du quadriceps avec un duromètre aux insertions proximales et distales (épine iliaque antéro-supérieure et tendon patellaire). La mesure de baseline prise avant l'effort a servi de point de référence pour exprimer la différence de rigidité (en pourcentage) selon le temps et les modalités d'intervention. A quinze et trente minutes d'intervention, la rigidité musculaire était significativement plus basse pour le groupe massage (3.7 [%] et 0.7 [%] respectivement) comparée au groupe récupération passive (7.2 [%] et 3.6 [%] respectivement). L'analyse de variance a montré un effet significatif du massage par rapport au groupe contrôle ($p < 0.05$) (Ogai et al., 2008).

4.2.4 Lactate

La plupart de nos articles ne démontrent aucun effet significatif du massage par rapport à la récupération passive sur la concentration de lactate sanguin. Ogai et al. ont bel et bien observé une augmentation de la concentration de lactate sanguin après trois minutes de pédalage, sans différence significative entre les groupes. En revanche, lors de l'intervention aucune différence n'a été mise en évidence entre le massage et la récupération passive (Ogai et al., 2008). Idem pour Robertson et al. qui n'ont constaté de différence significative entre les conditions de récupération à aucun moment du protocole (Robertson et al., 2004).

Tableau 3 : Résumé des articles inclus dans notre revue

Auteur	Design	Echantillon	Effort	Massage	Outcome	Résultats
Cè 2012	Etude croisée randomisée	9 hommes actifs (âge moyen = 23 ans)	8 min de vélo à 90 % de la VO ₂ max	Massage profond des membres inférieurs (10 min)	Lactate sanguin Force : contraction maximum volontaire (MVC) Force : électromyographie du quadriceps (EMG)	Pas de différence significative entre les conditions 'massage' et 'repos' Pas de différence significative entre les conditions 'massage' et 'repos' Pas de différence significative entre les conditions 'massage' et 'repos'
Gupta 1996	Etude croisée randomisée	10 hommes, coureurs de moyenne et longue distance (âge moyen = 21.1 ans)	Séries d'1 min d'effort supramaximal à 150 % de la VO ₂ max jusqu'à épuisement, séparées de 15 s de récupération	Massage des membres supérieurs et inférieurs (10 min et 30 min de repos)	Lactate sanguin (concentration et demi-vie)	Pas de différence significative entre les conditions 'massage' et 'repos'
Lane 2004	Etude croisée randomisée	10 hommes actifs (âge moyen = 26.3 ans)	18 min d'effort max avec pauses repos (ratio 1/5), résistance 80 g/kg de masse corporelle	Massage des quadriceps, ischio-jambiers et mollets (15 min)	Travail total (comparaison entre l'effort 1 et l'effort 2)	Maintien du travail total dans la condition 'massage' et diminution du travail total dans la condition 'repos'
Martin 1998	Etude croisée randomisée	10 cyclistes adultes masculins entraînés (âge moyen = 24.5 ans)	3 Wingate tests (effort supramaximal, résistance en lien avec le poids corporel) séparés de 2 min de repos (5 min 30 s)	Massage sportif des membres inférieurs (20 min : 10 min en décubitus dorsal, 10 min en décubitus ventral)	Lactate sanguin (avec baisse de la concentration absolue et relative)	Pas de différence significative entre les conditions 'massage' et 'repos'
Monedero 2000	Etude croisée randomisée	18 cyclistes masculins entraînés (âge moyen = 25 ans)	Test d'effort maximal de 5 km	Massage de la face postérieure des membres inférieurs (15 min)	Vitesse d'élimination du lactate sanguin Temps de performance	Pas de différence significative entre les conditions 'massage' et 'repos' La récupération combinée (massage + récupération active) permet de maintenir le temps de performance comparé aux autres conditions
Ogai 2008	Etude croisée randomisée	11 étudiantes actives (âge moyen = 21.1 ans)	8 x 5 s de pédalage (0.075 kp x poids en kg) séparés d'une pause de 20 s (3 min)	Pétrissage des membres inférieurs (15 min de massage et 10 min de repos)	Lactate sanguin Raideur musculaire Fatigue perçue des membres inférieurs Puissance totale	Pas de différence significative entre les conditions 'massage' et 'repos' Différence significative de la raideur musculaire en faveur de la condition 'massage' à 15 min et 30 min après l'exercice Différence significative en faveur de la condition 'massage' à 15 min et 30 min après l'exercice Différence significative pour la condition 'massage' comparé à la condition 'repos'
Robertson 2003	Etude croisée randomisée	9 sportifs de jeu masculins (20-22 ans)	6 x 30 s d'effort de haute intensité séparés de 30 s de récupération active (40 W) (6 min)	Massage des membres inférieurs (20 min : 10 min en décubitus dorsal, 10 min en décubitus ventral)	Lactate sanguin Puissance pic, puissance moyenne et indice de fatigue	Pas de différence significative entre les conditions 'massage' et 'repos' Pas de différence significative entre les conditions 'massage' et 'repos' pour la puissance pic et la puissance moyenne. Différence significative pour l'indice de fatigue

Monedero et al. ont décidé de mesurer la vitesse d'élimination du lactate en plus de sa concentration. La seule différence significative en ce qui concerne la vitesse de clearance a été observée entre zéro et trois minutes d'intervention. Notons qu'à ce moment, la concentration de lactate augmentait encore pour le groupe récupération passive. Comparé à la récupération passive, le massage n'a eu aucun autre effet significatif (Monedero & Donne, 2000).

Martin et al. ont mené une étude croisée randomisée sur dix cyclistes adultes masculins entraînés. Après trois Wingate tests espacés de deux minutes de repos, les sujets ont reçu vingt minutes de massage sportif des membres inférieurs, ou vingt minutes de récupération active, ou vingt minutes de repos. Les trois modalités étaient séparées de 48 heures minimum. Ils ont choisi de présenter leurs résultats sous forme de concentration absolue et relative (pourcentage du pic lactate). Les changements de concentration absolus et relatifs sont exprimés en fonction du pic lactate en [mL/L] et [%] respectivement. Aucune de ces mesures n'a permis de mettre en évidence un effet significatif du massage comparé à la récupération passive. On observe même un désavantage du massage par rapport à la récupération passive à quinze minutes d'intervention (Martin, Zoeller, Robertson, & Lephart, 1998).

Dans une étude croisée randomisée, Gupta et al. ont fait subir à dix hommes actifs des séries d'une minute de pédalage supramaximal (150 [%] de la VO_2max) séparés de quinze secondes de récupération jusqu'à épuisement. Ils ont ensuite reçu soit dix minutes de massage des membres supérieurs et inférieurs, soit quarante minutes de récupération active, soit quarante minutes de récupération passive assis. Aucune différence entre les taux de lactate sanguin n'a été observée au cours du protocole. La vitesse d'élimination et la demi-vie (temps pour éliminer 50 [%] de la valeur pic de lactate) étaient la même entre les groupes (Gupta, Goswami, Sadhukhan & Mathur, 1996).

Cè et al. ont montré que, alors que les mesures de baseline (après l'effort) étaient similaires pour les différentes conditions, aucune différence entre massage profond et récupération passive n'était significative (Cè et al., 2012).

5 Discussion

5.1 Interprétation des résultats et confrontation à la littérature

5.1.1 Modalités du massage

Les protocoles de massage sont décrits dans le Tableau 3.

Les études incluses dans notre revue ont engagé un seul thérapeute pour tous les massages, afin de rendre l'intervention reproductible. Ce sont des masseurs ou des physiothérapeutes certifiés, mais leur niveau de pratique n'est pas décrit de manière aussi précise d'un article à l'autre. Cè et al. ont engagé un thérapeute avec une expérience de plus de 900 heures. Celui d'Ogai et al. est « expérimenté », sans précision sur les années de pratique. Dans l'étude de Martin et al., c'est l'enquêteur principal, certifié dans le massage sportif, qui a traité les participants. Les autres articles ne donnent pas de détails. Etant donné que l'expérience du thérapeute a un impact sur l'efficacité d'un massage post effort (Moraska, 2007), il serait judicieux d'en tenir compte. Rien n'est dit au sujet du nombre de massages réalisés par jour. On pourrait imaginer qu'un thérapeute s'occupant de dix sportifs, les uns à la suite des autres, n'aura pas le même niveau de performance entre le traitement des premiers et des derniers en raison de la fatigue ou d'une baisse de sa concentration.

Les modalités de massage diffèrent également. La plupart de nos études ont réalisé un massage des membres inférieurs uniquement. Lane et Wenger et Martin et al. précisent les groupes musculaires traités : quadriceps, ischio-jambiers et gastrocnémiens. Ogai et al., eux, ont fait masser chacun des groupes musculaires (quadriceps, tibial antérieur, gastrocnémiens, ischio-jambiers et moyen fessier) pendant une minute. Dans l'étude de Monedero et Donne, seule la face postérieure des membres inférieurs a été traitée. Aucune explication ne justifie ce choix qui semble étonnant, vu que certains muscles antérieurs, comme les quadriceps, participent activement au pédalage. Cè et al. et Robertson et al. ne donnent pas non plus de précision sur les groupes musculaires massés, mais dans les deux études, les faces antérieures et postérieures des membres inférieurs sont traitées. Gupta et al. sont les seuls à avoir massé les membres inférieurs et supérieurs. Leur théorie affirme que les muscles inactifs massés contribuent à la réutilisation du lactate sanguin pour former de l'ATP (Gupta et al., 1996).

Concernant les techniques appliquées, elles se rapprochent de celles couramment utilisées aux abords des terrains de sport. On retrouve notamment les effleurages et pétrissages dans presque tous nos articles. Ogai et al. se sont concentrés sur le pétrissage (séquences de compressions-décompressions) pour l'évaluer de manière spécifique. Ils partent du principe qu'il peut réduire le tonus musculaire, limiter l'œdème et la douleur (Ogai et al., 2008). Les résultats qu'ils ont obtenus sont donc représentatifs de cette technique uniquement et non du massage sportif en général. Deux études semblent avoir mis en pratique des techniques plutôt superficielles : Martin et al. ont réalisé beaucoup d'effleurage, des compressions, des tapotements et du pétrissage et Monedero et Donne n'ont utilisé que des effleurages, pressions glissées et tapotements. Au contraire, le massage de Lane et Wenger semble plus appuyé : effleurage profond, compression, pétrissage profond, ébranlement et friction. Chez Robertson et al., le massage comprend des effleurages, pressions glissées et beaucoup de pétrissage. Au vu des résultats, il semble que le pétrissage soit une technique efficace pour diminuer la raideur musculaire et la sensation de fatigue. De manière générale, les seules études avec des résultats significatifs en faveur du massage comportent des techniques profondes (Lane & Wenger, 2004; Ogai et al., 2008).

La durée du massage varie de dix à vingt minutes (Cè et al., 2012; Gupta et al., 1996; Martin et al., 1998; Robertson et al., 2004). Ces temps de traitement nous semblent cohérents avec une situation réelle. Aucune corrélation entre durée du massage et résultats n'est évidente.

Seules deux études de notre revue précisent qu'un lubrifiant a été utilisé. Robertson et al. ont appliqué 40 [ml] d'huile minérale conventionnelle, 10 [ml] par zone traitée. Martin et al. ont utilisé de la crème de massage après les techniques de compression pour limiter les frottements. Les autres articles n'en parlent pas.

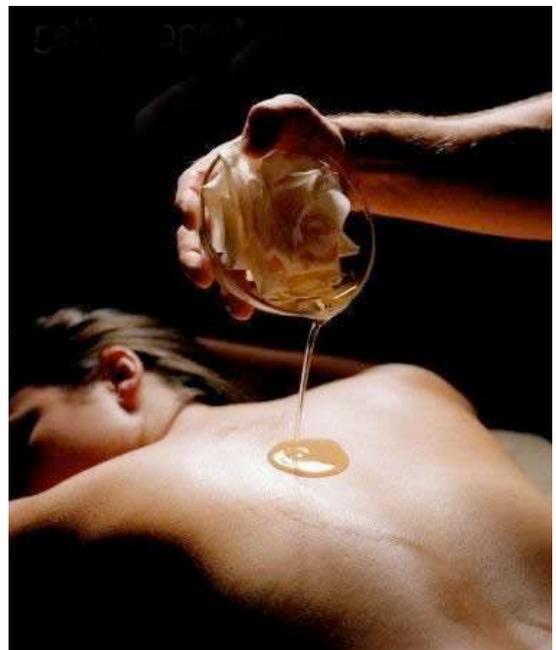


Figure 8 : Tiré de Les Journées mondiales de l'absurde, 2013

Tableau 4 : Comparaison des protocoles de massage et résultats

Auteur	Zone traitée	Techniques de massage	Thérapeute	Résultats
Cè 2012	Faces antérieures et postérieures des membres inférieurs (10 min)	30 s d'effleurage ferme (mouvement continu et fluide sur la peau en direction du cœur). 2 min de pétrissage (soulèvement des tissus mous et pétrissage, pressions et roulements des tissus entre les mains). (Weerapong et al., 2005)	Longue expérience, certificat de pratique de plus de 900 h, entraînement préalable à la pression appliquée avec un appareil	Pas de différence significative entre les conditions 'massage' et 'repos' ni pour le lactate sanguin, ni pour la force
Gupta 1996	Membres supérieurs et inférieurs (10 min et 30 min de repos)	Pétrissage et effleurage	Physiothérapeute qualifié	Pas de différence entre les conditions 'massage' et 'repos' pour les mesures de lactate sanguin
Lane 2004	Quadriceps, ischio-jambiers et mollets (15 min)	<i>Deep effleurage</i> (2.5 min par membre inférieur), <i>compressions</i> (1 min), <i>deep muscle stripping</i> (2 min), <i>jostling</i> (1 min), <i>cross-fiber frictions</i> (1 min)	Thérapeute enregistré	Maintien du travail total dans la condition 'massage' et diminution du travail total dans la condition 'repos'
Martin 1998	Membres inférieurs (20 min : 10 min en décubitus dorsal, 10 min en décubitus ventral)	Décubitus dorsal : compression quadriceps et jambe (1 min), effleurage cheville jusqu'à la hanche (45 s), effleurage avec le pouce sur les parties antéro-latérales de la jambe (45 s), pétrissage quadriceps (30 s), tapotement quadriceps (1.5 min), effleurage cheville jusqu'à la hanche (30 s). Décubitus ventral : compression gastrocnémiens et ischio-jambiers (2 min), effleurage cheville jusqu'à la hanche (30 s), pétrissage gastrocnémiens et ischio-jambiers (1 min), tapotement gastrocnémiens et ischio-jambiers (1 min), effleurage cheville jusqu'à la hanche (30 s)	Enquêteur principal, certifié dans le massage sportif	Pas de différence significative entre les conditions 'massage' et 'repos' pour le lactate sanguin
Monedero 2000	Face postérieure des membres inférieurs, sujet en décubitus ventral (15 min)	Effleurage, <i>stroking</i> et tapotements	Masseur certifié	Pas de différence significative entre les conditions 'massage' et 'repos' pour le lactate sanguin. Maintien du temps de performance pour la récupération combinée
Ogai 2008	Membres inférieurs (15 min de massage et 10 min de repos)	Pétrissage (séquences de compression - décompression) quadriceps, tibials antérieurs, gastrocnémiens, ischio-jambiers, moyens fessiers, alternés entre le membre inférieur droit et le membre inférieur gauche (1 min par groupe musculaire)	Thérapeute qualifié et expérimenté	Pas de différence significative entre les conditions 'massage' et 'repos' pour le lactate sanguin. Différence significative de la raideur musculaire à 15 min et 30 min après l'exercice. Meilleure récupération de la fatigue perçue pour la condition 'massage' à 15 min et 30 min après l'exercice. Puissance significativement plus haute pour la condition 'massage' comparé à la condition 'repos'
Robertson 2003	Membres inférieurs (20 min : 10 min en décubitus dorsal, 10 min en décubitus ventral)	<i>Stroking</i> , effleurage, <i>kneading</i> , <i>picking up</i> , <i>wringing</i> , <i>rolling</i> .	Physiothérapeute diplômé	Pas de différence significative entre les conditions 'massage' et 'repos' pour le lactate sanguin, la puissance moyenne et la puissance pic. Différence significative pour l'indice de fatigue

5.1.2 Performance physique

Les résultats de notre revue semblent contradictoires sur l'efficacité du massage à maintenir ou améliorer la performance suite à un premier effort. Ogai et al. ont mis en évidence une augmentation significative de la puissance totale après un massage par rapport à la récupération passive. C'est aussi le cas de Rinder et Sutherland. Dans leur étude croisée, ils ont demandé à vingt sujets d'effectuer des extensions de genou contre résistance pour induire une fatigue musculaire. Après six minutes de massage ou de repos, ils ont réalisé le nombre maximal d'extensions contre la même résistance. Leurs résultats ont montré un nombre de répétitions significativement plus élevé dans le groupe massage (Rinder & Sutherland, 1995).

L'étude de Lane et Wenger et celle de Monedero et Donne ont montré un effet positif du massage sur un deuxième effort à vélo comparé à la récupération passive, mais la significativité de ces résultats n'a pas été testée. On peut constater des résultats similaires chez Mancinelli et al. En début de saison, onze joueuses et onze joueuses ont suivi leurs entraînements de pré-saison habituels. Le quatrième jour, la moitié d'entre elles ont reçu un massage des membres inférieurs de dix-sept minutes. Celles-ci ont augmenté leur performance au saut vertical, alors que la moitié qui n'avait pas bénéficié de massage a diminué sa performance. Idem pour un sprint chronométré : les sportives ayant bénéficié du massage ont maintenu leur temps de performance alors que les autres l'ont rallongé (Mancinelli et al., 2006).

Robertson et al. ont utilisé différentes mesures pour quantifier la performance lors d'un deuxième effort sur vélo. En plus de la puissance moyenne et de la puissance pic, ils ont calculé un indice de fatigue moyen à partir du rapport entre la puissance fournie les cinq dernières et les cinq premières secondes du deuxième effort. Ils ont constaté un effet positif et significatif du massage sur cet indice de fatigue par rapport à la récupération passive. Néanmoins, cette mesure est à prendre avec précaution car elle pourrait être expliquée par une puissance moins élevée en début d'effort. En effet, concernant la puissance moyenne et la puissance pic, aucune différence significative n'a été observée entre massage et récupération passive pour le deuxième effort. Ce résultat concorde avec celui de Hemmings et al. : après un premier effort de frappe chez des boxeurs amateurs, vingt minutes de massage de tout le corps n'ont pas eu d'effet significatif sur une nouvelle série de frappes comparé à la récupération passive (Hemmings, 2001). Toutefois, étant donné la durée totale du massage, les membres supérieurs ont

probablement bénéficié de très peu de temps de traitement. Aussi les résultats doivent être interprétés en conséquence. Jönhagen et al. ont également montré que trois fois douze minutes de massage par jour d'une jambe après des exercices excentriques du quadriceps n'avaient pas d'effet significatif comparé à la jambe non massée sur un saut unipodal trois jours plus tard (Jönhagen, Ackermann, Eriksson, Saartok, & Renström, 2004). Ainsi, même sur une plus longue durée, l'efficacité du massage est controversée.

En résumé, il n'y a pour l'instant aucun consensus dans la littérature scientifique quant à l'efficacité du massage pour améliorer la performance après un premier effort. La variabilité des protocoles d'exercice, de massage et de mesures ne nous permet pas de comparer les résultats, aussi cette question reste en suspens. Dans une étude croisée sur quinze cyclistes masculins entraînés, Paoli et al. ont comparé les effets du massage avec de l'huile enrichie en Bioperoxoil^{®13} avec du massage à l'huile traditionnelle et de la récupération passive. Après trois Wingate tests et cinq minutes de récupération passive, les sujets ont reçu l'intervention et fourni un nouvel effort continu avec une augmentation de la résistance toutes les deux secondes. Les résultats ont montré qu'il n'y avait pas de différence significative de puissance lors du deuxième effort entre massage standard (340 [W]) et récupération passive (344 [W]), mais que l'utilisation de cette huile générerait une puissance significativement plus élevée (370 [W]) (Paoli et al., n.d.).

Les effets du massage sur la performance pourraient être expliqués par différents facteurs. Certains auteurs mettent en avant des effets humoraux et neuronaux du massage qui prépareraient à la performance (Ogai et al., 2008). D'autres estiment que le massage augmente la circulation, mais ce point reste controversé (Lane & Wenger, 2004; Monedero & Donne, 2000). Enfin, certains pensent que la réponse analgésique au massage permettrait de débiter l'effort dans de meilleures conditions (Lane & Wenger, 2004).

D'autres interventions de récupération ont également été étudiées pour leur possible effet sur la performance subséquente, notamment la récupération active. Lane et Wenger ont montré qu'elle permettait de maintenir le travail total lors d'un deuxième

¹³ Le Bioperoxoil est composé de 30 [%] d'huile de graine de tournesol ozonisée (c'est-à-dire perfusée d'ozone, forme triatomique de l'oxygène aux vertus désinfectantes) avec 0.5 [%] d'acide alpha-lipoïque (Rodrigues et al., 2004).

effort à vélo. Leur explication se base sur l'élimination du lactate sanguin favorisée par la récupération active. Ils ont aussi testé les effets de quinze minutes d'immersion des jambes dans de l'eau froide (15°C) et le résultat montre que le travail total est plus élevé après coup (Lane & Wenger, 2004). Monedero et Donne ont montré un effet significatif sur le temps de performance de la récupération combinée : 3.5 [min] de récupération active en pédalant à 50 [%] de VO₂max, 7.5 [min] de massage et à nouveau 3.5 [min] de récupération active. Elle permettrait d'allier élimination du lactate grâce aux périodes actives et restauration du stock de glycogène lors des phases de massage. Ces trois modalités (récupération active, immersion dans l'eau froide et récupération combinée) semblent donc prometteuses en matière d'amélioration de la performance, mais mériteraient d'autres recherches pour confirmer leur efficacité.

5.1.3 Force

Pour ce qui est de la performance musculaire analytique, la seule étude de notre revue ne met en évidence aucune différence significative entre massage profond et récupération, que ce soit pour l'EMG ou la MVC.

Le reste de la littérature montre des contradictions. Brooks et al. ont démontré qu'un massage de cinq minutes de l'avant-bras et de la main après un exercice isométrique maximal permettait d'améliorer la force de préhension sur un dynamomètre comparé à un placebo (mobilisation passive du coude et de l'épaule) ou pas d'intervention (Brooks, Woodruff, Wright, & Donatelli, 2005). A l'inverse, Farr et al. n'ont pas montré d'effet significatif du massage sur la force isométrique et isocinétique des extenseurs du genou après un effort de marche en descente en comparant les deux membres inférieurs de chaque sujet, une seule ayant été massée (Farr et al., 2002).

D'autres modalités ont également été investiguées pour leur effet attendu sur la récupération de la force. Arroyo-Morales et al. ont mené une étude randomisée contrôlée sur un total de 62 sujets (37 hommes et 25 femmes). Après trois Wingate tests séparés par trois minutes de récupération, les participants ont reçu soit 40 minutes de massage myofascial¹⁴ de tout le corps soit 40 minutes de placebo (ultrasons ou magnétothérapie déconnectés). Les chercheurs ont ensuite mesuré l'EMG de surface de trois chefs du muscle quadriceps (vaste latéral, vaste médial et droit de la cuisse).

¹⁴ Massage myofascial : technique réflexe d'étirement des fascias.

L'EMG du vaste médial était significativement plus basse comparée à la baseline après le massage ($p = 0.02$), mais pas après le placebo ($p = 0.32$). En revanche, il n'y avait pas de différence significative pour le vaste latéral et le droit de la cuisse (Arroyo-Morales et al., 2008a). Cè et al. ont ajouté une intervention « massage superficiel » : relâchement myofascial ; une intervention « récupération active » : pédalage à 50 [%] de $VO_2\text{max}$ à un rythme choisi par le sujet ; et une intervention « stretching » : étirements statiques passifs des muscles extenseurs de genou, fléchisseurs de hanche, ischio-jambiers et fléchisseurs plantaires. Aucune de ces trois modalités n'a eu d'effet significatif sur la force (Cè et al., 2012). Les études d'Isabell et al. et de Howatson et al. se sont toutes deux intéressées aux effets à long terme (cinq et quatre jours) du massage avec de la glace après l'effort, l'un sur les fléchisseurs de coude et l'autre sur les extenseurs. Aucun n'a pu démontrer un effet significatif du massage à la glace sur la force (Howatson, Gaze & Van Someren, 2003; Isabell, Durrant, Myrer, & Anderson, 1992).

5.1.4 Perception de la fatigue

Ogai et al. ont démontré une diminution significative de l'EVA de la fatigue après le massage. La pertinence clinique de ces résultats reste contestable car la différence moyenne était de 8.2 [mm] à quinze minutes de récupération et de 7.3 [mm] à trente minutes de récupération. Paoli et al. ont également mis en évidence un effet significatif du massage ($p < 0.05$) par rapport à la récupération passive sur l'EVA après un effort à vélo (Paoli et al., n.d.). Dans une série de cas menée sur 96 athlètes dans les conditions ordinaires de leur prise en charge, Carcano et al. ont montré une diminution de l'EVA après le massage, sans comparaison avec un groupe contrôle (Carcano, Isembrand, Wiczorek, & Boudjemaa, 2010). Mori et al. ont également mis en évidence une diminution significative ($p < 0.01$) de l'EVA après un effort et un massage au niveau lombaire comparé à un groupe sans massage (Mori et al., 2004). Cette concordance des résultats nous pousse à croire que le massage est efficace en terme de diminution de la perception de fatigue et donc indiqué dans ce but précis.

L'effet du massage sur la perception de fatigue serait lié à la diminution du stress en général, objectivable par une baisse du taux de cortisol. Le massage cause aussi une augmentation de la dopamine et de la sérotonine qui peuvent modifier l'expérience subjective du stress vécu lors de l'effort (Field, Hernandez-Reif, Diego, Schanberg, & Kuhn, 2005). Kaada et Torsteinbø ont aussi démontré une augmentation des beta-

endorphines dans le sang qui serait associée à un sentiment de bien-être (Kaada & Torsteinbo, 1989).

5.1.5 Raideur musculaire

L'étude d'Ogai et al. est la seule de notre revue dans laquelle la raideur musculaire a été analysée. Les chercheurs utilisent un duromètre appliqué aux insertions du muscle quadriceps pour mesurer cet outcome. Leurs résultats montrent un effet statistiquement significatif du massage sur la rigidité musculaire. En effet, l'effort intense sur vélo augmente la raideur musculaire par rapport à la baseline (mesure au repos) dans les groupes massage et contrôle. Après l'intervention, le groupe massage présente une différence de raideur musculaire plus importante pour le groupe massage quinze minutes et trente minutes après l'effort. A trente minutes après l'effort, les valeurs de raideur musculaire pour le groupe massage reviennent presque aux valeurs de baseline. Cependant, l'interprétation clinique de ces résultats n'est pas évidente. Une différence statistiquement significative de 10.8 [%] à 7.2 [%] puis à 3.6 [%] comparé à la valeur de baseline ne donne pas d'indication sur les limitations fonctionnelles du sujet. Une recherche sur le duromètre utilisé dans cette étude n'a pas permis d'évaluer sa pertinence clinique.

D'autres articles mentionnent indirectement la raideur musculaire, en utilisant la mobilité articulaire. Dans une étude de 2006, Mancinelli et al. mesurent la longueur d'étirement du quadriceps en décubitus ventral des sujets. Le thérapeute effectue une flexion passive du genou et mesure la distance talon-fesse en centimètres. Il n'y a pas de différence significative entre la longueur du quadriceps avant et après le massage (Mancinelli et al., 2006b).

5.1.6 Lactate

Selon certains auteurs, l'accumulation de lactate sanguin, avec les ions d'hydrogène associés, est en tout cas partiellement responsable du ralentissement de la récupération (Hemmings, 2001).

Un argument pour justifier l'utilisation du massage réside dans le fait qu'il permettrait d'accélérer la vitesse d'élimination du lactate en favorisant la circulation sanguine et lymphatique (Moraska, 2005). Cependant, plusieurs études ont démontré que le massage n'a pas d'effet sur la circulation. Hinds et al. ont mesuré la circulation sanguine sur l'artère fémorale avec un ultrason Doppler[®]. Leur conclusion indique que le

massage du quadriceps n'influence pas cet outcome (Hinds et al., 2004). Dans une étude de 1997, Shoemaker et al. ont comparé plusieurs techniques de massage sur différentes parties du corps. Leurs résultats montrent que le massage n'augmente pas le flux sanguin du muscle, indépendamment de la masse musculaire ou de la technique de massage (Shoemaker, Tiidus, & Mader, 1997).

Les articles de notre revue indiquent de façon unanime que le massage n'est pas efficace pour améliorer l'élimination du lactate sanguin après l'effort intense à vélo comparé à la récupération passive.

D'autres recherches s'intéressant à un effort différent que le vélo ont également démontré l'absence de lien entre le massage et l'élimination du lactate. Dans sa revue systématique, Moraska présente l'étude de Bale et al. qui ont mesuré la concentration de lactate sanguin chez neuf coureurs sur tapis de course. Le lactate sanguin était plus bas pour le groupe massage, mais seulement à un moment de la récupération (vingt minutes après l'effort) (Moraska, 2005). Hemmings et al. sont arrivés à la même conclusion avec un échantillon de boxeurs (Hemmings, Smith, Graydon, & Dyson, 2000).

L'étude de Cè et al. compare le massage superficiel (relâchement myofascial) et le massage profond. Il n'y a aucune différence statistique sur l'élimination du lactate sanguin, ce qui implique que la pression exercée sur les tissus lors du massage n'a aucun rôle à jouer (Cè et al., 2012). Une étude récente de Paoli et al. a montré que le massage avec de l'huile enrichie en Bioperoxoil avait un effet significatif sur l'élimination du lactate sanguin (treize minutes : 7.08 [mmol/L] ; vingt minutes : 5.1 [mmol/L]), en comparaison avec un massage avec de l'huile simple (treize minutes : 8.32 [mmol/L] ; vingt minutes : 6.0 [mmol/L]), alors que ce dernier n'a pas d'avantage significatif sur la récupération passive (treize minutes : 8.14 [mmol/L] ; vingt minutes 6.2 [mmol/L]). Ce résultat serait dû aux propriétés de l'ozone qui, par son action sur les phospholipides la composant, influencerait l'élasticité de la membrane des érythrocytes et permettrait une meilleure oxygénation des tissus par le sang. L'ozone est également supposé diminuer la viscosité du plasma et du sang. Des explications plus précises doivent être recherchées (Paoli et al., n.d.).

D'autres modalités de récupération paraissent néanmoins efficaces pour accélérer l'élimination du lactate sanguin. Quatre de nos études ont utilisé la récupération active.

Tous les résultats montrent que cette méthode semble la plus efficace parmi les interventions étudiées.

Les modalités de la récupération active varient d'une étude à l'autre. Les sujets de l'étude de Cè et al. ont pédalé pendant dix minutes à 50 [%] de la VO_2max , à une cadence choisie par le sujet. Leurs résultats démontrent que la concentration de lactate était significativement plus basse dans la condition récupération active ($p < 0.05$), de la minute quatre à la minute dix de l'intervention.

Pour les sujets de Gupta et al., la condition de récupération active consistait en un exercice de pédalage de quarante minutes, à une intensité de 30 [%] de la VO_2max . Les résultats de cette étude montrent une diminution plus rapide de la concentration de lactate lors de cette modalité.

L'étude de Martin et al. montre également une diminution de la concentration de lactate avec la récupération active. Lors de cette modalité, les dix cyclistes ont pédalé pendant trente minutes à 80 révolutions par minute, à une intensité équivalente à 40 [%] de leur VO_2max . Les chercheurs ont noté une concentration absolue et relative de lactate significativement plus basse que pour la condition repos ou massage sportif ($p < 0.05$).

Chez Monedero et Donne, la condition indiquant les meilleurs résultats concernant le lactate était l'intervention combinée (récupération active et massage). Néanmoins l'élimination de lactate était nettement plus élevée lors des périodes de pédalage par rapport aux périodes de massage. Dans la discussion de leurs résultats, les auteurs ne donnent pas d'explication sur les différences entre les modalités « récupération active » et « récupération combinée ».

5.2 Limites de notre revue

5.2.1 Méthodologie

5.2.1.1 Le vélo

Nous avons choisi le vélo comme effort étudié pour différentes raisons. Tout d'abord, nous voulions que tous nos articles s'intéressent au même effort. Lors de nos premières recherches, nous avons vite remarqué que le choix serait restreint à cause de la faible quantité d'études disponibles sur le sujet. De plus, nous voulions trouver un effort où l'exercice en laboratoire puisse être assimilé à une vraie activité sportive.

Malheureusement, la littérature scientifique a surtout privilégié les efforts très analytiques afin de disposer de protocoles reproductibles. Aussi, le vélo s'est révélé la seule option correspondant à nos critères.

5.2.1.2 Définition du terme « récupération »

Le premier obstacle que nous avons rencontré pour la recherche des articles fut de définir la récupération. C'est un terme couramment utilisé dans le milieu sportif alors qu'il n'a pas de réalité objective. Nous avons donc cherché des outcomes mesurables se référant à ce que les sportifs et les entraîneurs attendent quand ils veulent améliorer la « récupération ».

Nous nous sommes en premier lieu intéressées aux courbatures induites par un effort intense. Nous avons d'ailleurs basé notre cadre théorique initial sur ce sujet. Malheureusement, l'effort intense à vélo tel qu'il est exercé dans les protocoles de la littérature induit peu de courbatures. Elles apparaissent plutôt suite à des exercices excentriques (comme la marche en descente), 24 à 48 heures après l'effort (Coudreuse et al., 2004). En général, les études se concentrent sur les effets immédiats du massage et ne les prennent donc pas en compte. De plus, les courbatures ne sont ni clairement définies, ni mesurables en soi. Elles se caractérisent par trois symptômes principaux : la douleur, la raideur musculaire et la perte de force (Connolly et al., 2003).

La douleur est un outcome intéressant car c'est une plainte fréquente du sportif après un effort. Étonnamment, aucun des articles de notre revue n'étudiait la douleur.

Pour la raideur musculaire, nous nous intéressions autant à la sensation de raideur qu'à la limitation d'amplitude. C'est également un outcome peu mesuré et le seul article que nous avons trouvé a mesuré la raideur à l'aide d'un duromètre (Ogai et al., 2008).

Nous avons assimilé la perte de force après un premier effort à une baisse de la performance. Cet outcome nous paraissait particulièrement important dans le cas des sportifs qui suivent parfois un rythme de compétition soutenu. Il est mesuré soit par une deuxième performance physique, soit par un test de force analytique.

L'effort crée de la fatigue musculaire et psychologique, qui peut être corrélée à une baisse de performance. Pour clarifier cet outcome, nous avons utilisé le terme « perception de fatigue ».

Notre dernier outcome retenu est le lactate sanguin. C'est un marqueur de l'effort fréquemment employé dans la littérature. Les fluctuations de sa concentration dans le sang expriment les conséquences de l'exercice intense sur le muscle et son niveau de récupération, même si c'est une mesure de laboratoire plutôt que de terrain.

5.2.1.3 Equation de recherche

Nous avons employé des termes libres autant que des termes issus du Thesaurus pour rassembler le maximum d'articles car la recherche avec les mots MeSH uniquement avait abouti à peu de résultats. Une recherche sauvage a permis de préciser nos mots clés à partir des premiers articles trouvés. Nous avons construit l'équation de recherche selon la forme PICO (population, intervention, contrôle et outcome) et avons obtenu un grand nombre d'articles, dont la majorité ne correspondait pas à nos critères. En revanche l'article de Cè et al. n'a pas été détecté par notre équation. Nous l'avons trouvé grâce à une recherche antérieure moins structurée. L'équation de recherche ne semble donc pas optimale même si elle a été construite avec soin.

5.2.1.4 Sélection des articles

Nous avons réalisé que peu d'études avaient été publiées sur ce sujet. Quatre articles s'en rapprochaient, mais ils ont été éliminés en raison, soit de l'effort étudié, soit pour leurs outcomes, soit pour leur intervention ne correspondant pas à du massage classique. Pour cette raison, le nombre d'outcomes n'a pas pu être restreint, mais a été imposé par la littérature existante. Nous avons inclus tous les articles correspondant à nos critères sans tenir compte des différences de protocole ou de la qualité scientifique.

5.2.2 Qualité des articles retenus

5.2.2.1 Méthodologie

Tous nos articles ont choisi un design expérimental croisé randomisé. Ce modèle présente l'avantage que les participants reçoivent toutes les modalités d'intervention. Le nombre total de mesures est augmenté, ce qui compense la petite taille des échantillons. En revanche, dans une étude avec un grand nombre d'interventions comme celle de Cè et al., un effet d'entraînement pourrait fausser les résultats. Par exemple, Pilegaard et al. ont noté une influence de l'entraînement sur la capacité de transport du lactate musculaire (Pilegaard et al., 1999).

Nos études ne comptent pas beaucoup de participants. En effet, si l'on regroupe tous les échantillons, nous arrivons à une somme de 77 sujets. On peut se demander si ce nombre est suffisant pour généraliser des conclusions à l'ensemble de la population. Pour caractériser leur échantillon, plusieurs articles parlent de « jeunes physiquement actifs », mais ce terme est vague. Il y a une différence entre un sportif entraîné pour un effort d'endurance et celui qui s'entraîne pour un effort de résistance. Les auteurs ne précisent pas toujours si leurs sujets sont préparés à un effort anaérobique. Dans les études de Martin et al. et de Monedero et Donne, les participants sont des cyclistes. Cela peut être un biais si l'on veut comparer leurs résultats à des sujets qui ne sont pas entraînés à un effort de pédalage.

Afin de limiter les facteurs confondants, plusieurs chercheurs contrôlent certaines conditions durant leur étude. C'est ainsi que Cè et al. et Gupta et al. utilisent un laboratoire avec air conditionné pour maintenir une température et une humidité constantes. Comme l'ont montré Galloway et Maughan, la température ambiante peut jouer un rôle important sur la performance (Galloway & Maughan, 1997). L'alimentation et la quantité d'activité physique avant les tests et les interventions sont également standardisées. Cela montre la volonté des auteurs de présenter des études d'une bonne qualité méthodologique.

Le protocole d'exercice intense est décrit de façon précise dans nos articles (Tableau 4). Certains auteurs convoquent les sujets pour un test préalable de $VO_2\text{max}$ afin d'adapter la charge d'exercice à l'individu, d'autres utilisent le poids corporel. Le Wingate test, une référence dans le domaine de l'effort anaérobique (Hoffman, Epstein, Einbinder, & Weinstein, 2000), semble particulièrement approprié au protocole de nos études. La présence ou non d'encouragements n'est pas toujours mentionnée dans la méthodologie, ce qui peut représenter un biais.

La qualité scientifique des articles inclus dans notre revue, évaluée par la « *Checklist for Measuring Quality* », n'est pas très haute. Les biais principaux que nous avons identifiés sont : le non aveuglement des évaluateurs, le recrutement de l'échantillon à partir d'une population très spécifique et non précisée, l'absence de critères de sélection et des conditions de laboratoire relativement éloignées de la réalité du monde sportif. Les résultats de nos études doivent donc être considérés avec précaution.

Tableau 5 : Comparaison des protocoles d'exercice et de mesure

Auteur	Test(s) préalable(s)	Echauffement	Effort	Massage	Contrôle	Autres interventions	Deuxième effort	Outcome	Temps de prise des mesures
Cè 2012	VO ₂ max, contraction maximum volontaire (MVC)	10 min de pédalage à 100 W	8 min de vélo à 90 % de la VO ₂ max	Massage profond des membres inférieurs (10 min)	Récupération passive en décubitus dorsal (10 min)	Etiement, massage superficiel (relâchement myofascial) et récupération active	Pas de second effort	Lactate sanguin Force : contraction maximum volontaire (MVC) Electromyographie du quadriceps (EMG)	Baseline, après l'effort, 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 min après l'intervention
Gupta 1996	VO ₂ max	Pas d'échauffement décrit	Séries d'1 min d'effort à 150 % de la VO ₂ max jusqu'à épuisement, séparées de 15 s de récupération	Massage des membres supérieurs et inférieurs (10 min) et 30 min de repos)	Récupération passive assis (40 min)	Récupération active	Pas de second effort	Lactate sanguin (concentration et demi-vie)	0, 3, 5, 10, 20, 30, 40 min après l'exercice
Lane 2004	Familiarisation protocole, plis de peau, VO ₂ max, sprints maximaux	5 min de pédalage avec sprints + 5 min de stretching	18 min d'effort max avec pauses repos, ratio 1/5 (résistance 80 g/kg de masse corporelle)	Massage des membres inférieurs (15 min)	Récupération passive assis (15 min)	Récupération active	24h après la récupération. Même échauffement et même effort.	Travail total (kJ) (déterminé par le nombre de révolutions)	Pendant les efforts 1 et 2
Martin 1998	VO ₂ max	Pas d'échauffement décrit	3 Wingate tests avec 2 min de repos entre chaque test (protocole de 5 min 30 s)	Massage sportif des membres inférieurs (20 min)	Récupération passive en décubitus dorsal (20 min)	Récupération active	Pas de second effort	Lactate sanguin (avec baisse de la concentration absolue et relative)	10 min avant l'effort, après chaque Wingate test, 5 min après le dernier test, 5, 10, 15, 20 min pendant l'intervention
Monedero 2000	Examen médical, familiarisation avec protocole, VO ₂ max, reproductibilité de la performance	3 min à 150 W	Test d'effort maximal de 5km	Massage de la face postérieure des membres inférieurs (15 min)	Récupération passive assis (15 min)	Récupération active et récupération combinée (massage + récupération active)	20 min après le 1 ^{er} effort. Echauffement et effort identiques.	Vitesse d'élimination du lactate sanguin	Pendant l'effort 1, toutes les 3 min pendant l'intervention, pendant l'effort 2
Ogai 2008	Pas de visite préalable	3 min de pédalage sans charge	8 x 5 s de pédalage (0,075 kp x poids en kg) séparés par une pause de 20 s (protocole de 3 min)	Pétrissage des membres inférieurs (15 min de massage et 10 min de repos)	Récupération passive en décubitus dorsal (35 min)	Récupération active	35 min après le 1 ^{er} effort. Effort identique, pas d'échauffement	Lactate sanguin Raideur musculaire Fatigue perçue des membres inférieurs Puissance totale	Baseline, après l'effort 1, 15 min après l'intervention, 30 min après l'intervention, après l'effort 2
Robertson 2003	Familiarisation avec protocole, capacité à effectuer l'effort	5 min à 80 W + 3 min d'étirements statiques	6 x 30 s d'effort de haute intensité séparés par 30 s de récupération active (40 W) (protocole de 6 min)	Massage des membres inférieurs (20 min)	Récupération passive en décubitus dorsal (20 min)	Récupération active	20 min après le 1 ^{er} effort. Echauffement puis 1 Wingate test	Lactate sanguin Puissance moyenne, puissance pic et indice de fatigue	Baseline, après l'effort 1, 10 et 20 min après l'effort 1, 3 min après l'effort 2

5.2.2.2 Impossibilité d'agrégier les résultats

L'agrégation de nos résultats s'est révélée impossible pour différentes raisons. Tout d'abord, les auteurs n'ont pas accordé la même importance aux conditions préalables. Parmi les facteurs standardisés se trouvent : la nutrition et l'hydratation, l'intensité de l'activité physique précédant les tests, le sommeil, l'heure de rendez-vous, la température et le taux d'humidité du laboratoire. Comme certains de ces éléments sont susceptibles d'influencer les mesures, nous sommes obligées d'en tenir compte pour nos résultats.

Ensuite, les protocoles d'exercice varient énormément d'une étude à l'autre. Seule une partie des études y ont inclus un échauffement. La durée variait de deux à dix minutes et la charge de 0 à 150 [W]. Lane et Wenger et Robertson et al. ont de surcroît demandé à leurs sujets de réaliser trois à cinq minutes de stretching des membres inférieurs. Ces étirements pourraient constituer un biais, étant donné qu'ils provoquent une diminution du réflexe de Hoffman et donc de la réponse musculaire (Morelli et al., 1990).

L'effort lui-même varie d'une étude à l'autre (Tableau 4). Certains auteurs utilisent un protocole continu basé sur une distance à parcourir le plus rapidement possible. D'autres imposent un temps d'effort à un pourcentage de VO_2 max élevé. La majorité a choisi un protocole fractionné avec un temps de travail total variant de quarante secondes à trois minutes à une intensité élevée. Ces différences peuvent avoir une influence sur les mesures car le travail musculaire et le système énergétique exploité ne sont pas les mêmes.

Ensuite, les interventions de récupération elles aussi divergent. Le temps de récupération est compris entre dix minutes et 24 heures, ce qui pourrait créer des différences considérables. Nos études ont choisi comme intervention contrôle la récupération passive, assis ou en décubitus dorsal. Ces différences ne sont pas anodines, car nous ne pouvons pas exclure un effet de la position, qu'il soit physique ou psychologique, sur l'élimination des lactates ou la perception de récupération. Le massage, lui aussi, est très différent d'une étude à l'autre. La durée, les zones traitées, les techniques et le niveau d'expérience des thérapeutes varient (Tableau 3).

Enfin, les outils de mesure employés ne sont pas les mêmes. Pour le lactate, les échantillons de sang sont prélevés au lobe de l'oreille, au bout du doigt ou dans une veine anté-cubitale. Robertson et al. mentionnent un échantillon de sang « capillaire »,

mais ne précisent pas la localisation du prélèvement. Les analyseurs de sang changent également d'une étude à l'autre. Les mesures de force du quadriceps sont effectuées avec, soit un capteur de pression piézo-électrique, soit un électromyogramme de surface. Les mesures de performance physique (puissance, travail total, temps) sont enregistrées par une interface PC ou le cyclo-ergomètre lui-même. Les différents temps et unités de mesure rendent les comparaisons inenvisageables.



Figure 9 : Tiré de Réseau RESPEC-TC, 2012

5.2.2.3 Pertinence clinique

La qualité d'une étude expérimentale est souvent évaluée par sa méthodologie. C'est pourquoi les chercheurs mettent leurs protocoles en pratique dans des laboratoires où ils peuvent contrôler un maximum de variables parasites comme la température ou l'humidité. Ces études répondent aux critères scientifiques mais s'écartent aussi de la réalité du terrain.

5.3 Pistes de recherche future

Même si la littérature scientifique actuelle ne soutient pas l'utilisation du massage après un effort, il reste fortement demandé par les sportifs et les entraîneurs. Ce paradoxe pose question : Quel(s) bénéfice(s) en retire le monde du sport pour y investir du temps et de l'argent ? Nous pensons que certaines pistes restent à explorer. Premièrement, une recherche qualitative permettrait de comprendre le ressenti des athlètes et leurs besoins. Deuxièmement, nous pensons que les outcomes utilisés actuellement pour mesurer les effets du massage ne reflètent pas toutes les facettes de la récupération chez le sportif. L'impact psychologique du massage, par exemple, mériterait de s'y intéresser plus. Les instruments de mesures, eux aussi, doivent être reconsidérés pour s'adapter au mieux à l'outcome étudié. Troisièmement, à notre connaissance un seul article s'est intéressé à l'effort de longue durée (Drews et al., 1990). D'autres essais permettraient de mieux

connaître les impacts du massage après un exercice d'endurance et seraient pertinents dans le milieu du cyclisme, où les coureurs sont souvent amenés à pédaler plusieurs heures. Finalement, il serait intéressant de publier des séries de cas sur des athlètes professionnels ou amateurs recevant du massage dans leur prise en charge car peu d'études ont encore été réalisées dans des conditions semblables au monde du sportif.

Si le massage n'est pas efficace, reste à savoir quelle est la meilleure intervention pour récupérer après un effort intense. Les résultats de nos articles prônent l'application de la récupération active, en particulier dans un but d'élimination du lactate. L'immersion dans l'eau froide est également une technique à investiguer.



Figure 10 : Tiré de Entrainement-sportif.fr, 2013

6 Conclusion

Si l'on respecte les principes de la pratique fondée sur les faits, le massage ne devrait pas être administré de manière automatique à tous les sportifs après une compétition ou un effort intense. Ce traitement de récupération demande un investissement en temps et en énergie de la part du thérapeute, ainsi qu'en argent pour le club sportif. Il doit répondre aux besoins réels du sportif, identifiés par un bilan physiothérapeutique complet. Tout d'abord, il faut déterminer quel effort a été accompli et dans quelles circonstances. La connaissance de la discipline et le feedback du sportif sont primordiaux pour adapter la prise en charge à l'individu. Les plaintes, attentes et objectifs de l'athlète doivent être investigués : quels sont ses symptômes ? Quand a lieu sa prochaine compétition ? Cette anamnèse suivie d'un bilan objectif permettra de distinguer entre les conséquences physiologiques de l'effort intense, les blessures aiguës, et les dysfonctions chroniques dues à sa pratique sportive, et de formuler des objectifs de traitement.

Plusieurs modalités de récupération existent. D'autres études permettront de les valider. Le choix de prise en charge se fait également en fonction des outils disponibles.

Au vu des résultats de notre revue, si le but recherché de la récupération est l'élimination du lactate sanguin, le massage n'est pas indiqué et il vaudrait mieux se tourner vers la récupération active. Pour le cas d'un effort devant être répété rapidement, les recommandations restent controversées. En revanche, pour ce qui est de la diminution de la raideur musculaire, le massage semble approprié. Il réduit également la perception de fatigue. Nous pensons que l'effet subjectif du massage ne doit pas être négligé. En effet, la compétition peut représenter un grand stress et le massage permet un retour au calme. C'est un moment propice à l'échange et au débriefing. Suivre une équipe ou un athlète sur le long terme permet de connaître l'individu et de créer un lien avec lui. La relation thérapeutique occupe une place centrale dans la prise en charge des sportifs.

7 Références bibliographiques

- Arroyo-Morales, M., Olea, N., Martínez, M. M., Hidalgo-Lozano, A., Ruiz-Rodríguez, C., & Díaz-Rodríguez, L. (2008a). Psychophysiological effects of massage-myofascial release after exercise: a randomized sham-control study. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, *14*(10), 1223–1229.
- Arroyo-Morales, M., Olea, N., Martínez, M., Moreno-Lorenzo, C., Daz-Rodríguez, L., & Hidalgo-Lozano, A. (2008). Effects of myofascial release after high-intensity exercise: a randomized clinical trial. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, *31*(3), 217–223.
- Arroyo-Morales, M., Olea, N., Ruiz, C., Castilo, J. D. L., Martínez, M., Lorenzo, C., & Díaz-Rodríguez, L. (2009). Massage after exercise-responses of immunologic and endocrine markers: a randomized single-blind placebo-controlled study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(2), 638.
- Balke, B., Anthony, J., & Wyatt, F. (1989). The effects of massage treatment on exercise fatigue. *Clinical Journal of Sports Medicine*, *1*, 189–96.
- Bar-Or, O. (1987). The Wingate Anaerobic test: an update on methodology, reliability and validity. *Sports Medicine*, *4*(6), 381–394.
- Beneke, R., Pollmann, C. H., Bleif, I., Leithäuser, R., & Hütler, M. (2002). How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? *European Journal of Applied Physiology*, *87*(4-5), 388–392.
- Brooks, C. P., Woodruff, L. D., Wright, L. L., & Donatelli, R. (2005). The immediate effects of manual massage on power-grip performance after maximal exercise in healthy adults. *Journal of Alternative & Complementary Medicine*, *11*(6), 1093–1101.

- Brummitt, J. (2008). The role of massage in sports performance and rehabilitation: Current evidence and future direction. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*, 3(1), 7.
- Callaghan, M. J. (1993). The role of massage in the management of the athlete: a review. *British Journal of Sports Medicine*, 27(1), 28–33.
- Carcano, Y., Isebrand, B., Wieczorek, G., & Boudjemaa, B. (2010). Le ressenti de sportifs lors d'un massage de récupération en termes de douleur et fatigue musculaires et de bien-être. *Kinésithérapie, la Revue*, 10(104–105), 46–50. doi:10.1016/S1779-0123(10)74907-X
- Cè, E., Limonta, E., Maggioni, M. A., Rampichini, S., Veicsteinas, A., & Esposito, F. (2012). Stretching and deep and superficial massage do not influence blood lactate levels after heavy-intensity cycle exercise. *Journal of Sports Sciences*, (ahead-of-print), 1–11.
- Connolly, D. A. J., Sayers, S. P., & McHugh, M. P. (2003). Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 197–208.
- Coudreuse, J. M., Dupont, P., & Nicol, C. (2004). Douleurs musculaires posteffort. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique* (47), 290–298.
- Davis, R. R., & Hull, M. L. (1981). Measurement of pedal loading in bicycling: II. Analysis and results. *Journal of Biomechanics*, 14(12), 857–872. doi:10.1016/0021-9290(81)90013-0
- Décret no 96-879 du 8 octobre 1996 relatif aux actes professionnels et à l'exercice de la profession de masseur-kinésithérapeute | Legifrance. (n.d.). Retrieved June 10, 2012, from <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000195>

448&fastPos=1&fastReqId=221262053&categorieLien=id&oldAction=rechTexte

- Donnelly, C. J., & Wilton, J. (2002). The Effect of Massage to Scars on Active Range of Motion and Skin Mobility. *The British Journal of Hand Therapy*, 7(1), 5–11.
- Downs, S. H., & Black, N. (1998). The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 52(6), 377–384.
- Drews, T., Kreider, R. B., Drinkard, B., Cotres, C. W., Lester, C., Somma, C. T., Woodhouse, M. (1990). Effects of post-event massage therapy on repeated ultra-endurance cycling. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 407.
- Drust, B., Atkinson, G., Gregson, W., French, D., & Binningsley, D. (2003). The effects of massage on intra muscular temperature in the vastus lateralis in humans. *International Journal of Sports Medicine*, 24(06), 395–399.
- Dufour, M. (1999). *Massages et massothérapie : effets, techniques et applications*. Paris: Maloine.
- Farr, T., Nottle, C., Nosaka, K., & Sacco, P. (2002). The effects of therapeutic massage on delayed onset muscle soreness and muscle function following downhill walking. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 5(4), 297–306.
- Field, T., Hernandez-Reif, M., Diego, M., Schanberg, S., & Kuhn, C. (2005). Cortisol decreases and serotonin and dopamine increase following massage therapy. *International Journal of Neuroscience*, 115(10), 1397–1413. doi:10.1080/00207450590956459
- Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H., & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 75(2), 712–719.

- Galloway, S. D. R., & Watt, J. M. (2004). Massage provision by physiotherapists at major athletics events between 1987 and 1998. *British Journal of Sports Medicine*, 38(2), 235–237. doi:10.1136/bjism.2002.003145
- Galloway, Stuart D. R., & Maughan, R. J. (1997). Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(9), 1240–1249. doi:10.1097/00005768-199709000-00018
- Goats, G. C. (1994a). Massage--the scientific basis of an ancient art: Part 1. The techniques. *British Journal of Sports Medicine*, 28(3), 149–152.
- Goats, G. C. (1994b). Massage--the scientific basis of an ancient art: Part 2. Physiological and therapeutic effects. *British Journal of Sports Medicine*, 28(3), 153–156.
- Goodwin, J., Glaister, M., Howatson, G., Lockey, R., & McInnes, G. (2007). Effect of preperformance lower-limb massage on thirty-meter sprint running. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1028–1031.
- Grappe, M. F. (2005). Analyse de l'activité musculaire du pédalage en relation avec la performance en cyclisme. Université de Sherbrooke, Canada. Accès <http://fredericgrappe.com/CV/m%C3%A9moires/duc3.pdf>
- Gupta, S., Goswami, A., Sadhukhan, A. K., Mathur, D. N., & others. (1996). Comparative study of lactate removal in short term massage of extremities, active recovery and a passive recovery period after supramaximal exercise sessions. *International Journal of Sports Medicine*, 17(2), 106.
- Hargreaves, M., McKenna, M. J., Jenkins, D. G., Warmington, S. A., Li, J. L., Snow, R. J., & Febbraio, M. A. (1998). Muscle metabolites and performance during high-intensity, intermittent exercise. *Journal of Applied Physiology*, 84(5), 1687–1691.

- Hart, J. M., Swanik, C. B., & Tierney, R. T. (2005). Effects of sport massage on limb girth and discomfort associated with eccentric exercise. *Journal of Athletic Training, 40*(3), 181.
- Hemmings, B. J. (2001). Physiological, psychological and performance effects of massage therapy in sport: a review of the literature. *Physical Therapy in Sport, 2*(4), 165–170.
- Hemmings, B., Smith, M., Graydon, J., & Dyson, R. (2000). Effects of massage on physiological restoration, perceived recovery, and repeated sports performance. *British Journal of Sports Medicine, 34*(2), 109–114.
- Hewlett, S., Hehir, M., & Kirwan, J. R. (2007). Measuring fatigue in rheumatoid arthritis: A systematic review of scales in use. *Arthritis Care & Research, 57*(3), 429–439. doi:10.1002/art.22611
- Hinds, T., McEwan, I., Perkes, J., Dawson, E., Ball, D., & George, K. (2004). Effects of massage on limb and skin blood flow after quadriceps exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 36*, 1308–1313.
- Hintzy-Qoimer, F., & Grappe, F. (2005). Rendement mécanique de la locomotion à bicyclette. *Cyclisme et optimisation de la performance, 173*.
- Hoffmann, J. R., Epstein, S., Einbinder, M., & Weinstein, Y. (2000). A comparison between the Wingate anaerobic power test to both vertical jump and line drill tests in basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 14*(3), 261–264.
- Holey, E. A., & Cook, E. M. (2011). *Evidence-based therapeutic massage : a practical guide for therapists*. Edinburgh; New York: Churchill Livingstone/Elsevier.
- Howatson, G, Gaze, D, & Van Someren, K. (2003). Ice massage: effects on exercise-induced muscle damage. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness, 43*(4), 500–505.

- Howatson, G., & Van Someren, K. A. (2008). The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine*, 38(6), 483–503.
- Isabell, W. K., Durrant, E., Myrer, W., & Anderson, S. (1992). The effects of ice massage, ice massage with exercise, and exercise on the prevention and treatment of delayed onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training*, 27(3), 208.
- J. Maughan, R., Greenhaff, P. L., Leiper, J. B., Ball, D., Lambert, C. P., & Gleeson, M. (1997). Diet composition and the performance of high-intensity exercise. *Journal of Sports Sciences*, 15(3), 265–275. doi:10.1080/026404197367272
- Jönhagen, S., Ackermann, P., Eriksson, T., Saartok, T., & Renström, P. A. F. H. (2004). Sports massage after eccentric exercise. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(6), 1499–1503.
- Kaada, B., & Torsteinbo, O. (1989). Increase of plasma β -endorphins in connective tissue massage. *General Pharmacology: The Vascular System*, 20(4), 487–489. doi:10.1016/0306-3623(89)90200-0
- Kleen, E. A. . (1921). *Massage and medical gymnastics*. London : J. & A. Churchill.
- Lane, K., & Wenger, H. (2004). Effect of selected recovery conditions on performance of repeated bouts of intermittent cycling separated by 24 hours. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 855–860.
- Li, L., & Caldwell, G. E. (1998). Muscle coordination in cycling: effect of surface incline and posture. *Journal of Applied Physiology*, 85(3), 927–934.
- Mancinelli, C. A., Davis, D. S., Aboulhosn, L., Brady, M., Eisenhofer, J., & Foutty, S. (2006). The effects of massage on delayed onset muscle soreness and physical performance in female collegiate athletes. *Physical Therapy in Sport*, 7(1), 5–13.
- Marieb, E. N. (2005). *Anatomie et physiologie humaines, adaptation de la 6e édition américaine*. Edition Pearson Education, 1011–10115.

- Martin, N., Zoeller, R., Robertson, R., & Lephart, S. (1998). The comparative effects of sports massage, active recovery, and rest in promoting blood lactate clearance after supramaximal leg exercise. *Journal of Athletic Training, 33*(1), 30–35.
- Maxwell, B. F., Withers, R. T., Ilsley, A. H., Wakim, M. J., Woods, G. F., & Day, L. (1998). Dynamic calibration of mechanically, air-and electromagnetically braked cycle ergometers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 78*(4), 346–352.
- Monedero, J. & Donne, B. (2000). Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *International Journal of Sports Medicine, 21*(8), 593–597.
- Moraska, A. (2005). Sports massage. A comprehensive review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 45*(3), 370–380.
- Moraska, A. (2007). Therapist education impacts the massage effect on postrace muscle recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 39*(1), 34.
- Morelli, M., Seaborne, D. E., & Sullivan, S. J. (1990). Changes in h-reflex amplitude during massage of triceps surae in healthy subjects. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 12*(2), 55.
- Mori, H., Ohsawa, H., Tanaka, T. H., Taniwaki, E., Leisman, G., & Nishijo, K. (2004). Effect of massage on blood flow and muscle fatigue following isometric lumbar exercise. *Medical Science Monitor, 10*(5), CR173–178.
- Morisada, M., Okada, K., & Kawakita, K. (2006). Quantitative analysis of muscle hardness in tetanic contractions induced by electrical stimulation in rats. *European Journal of Applied Physiology, 97*(6), 681–686. doi:10.1007/s00421-006-0225-6.
- Moyer, C. A., Rounds, J., & Hannum, J. W. (2004). A meta-analysis of massage therapy research. *Psychological Bulletin, 130*(1), 3–18.

- Neptune, R. R., Kautz, S. A., & Hull, M. L. (1997). The effect of pedaling rate on coordination in cycling. *Journal of Biomechanics*, *30*(10), 1051–1058.
- Niitsu, M., Michizaki, A., Endo, A., Takei, H., & Yanagisawa, O. (2011). Muscle hardness measurement by using ultrasound elastography: a feasibility study. *Acta Radiologica*, *52*(1), 99–105. doi:10.1258/ar.2010.100190
- Ogai, R., Yamane, M., Matsumoto, T., & Kosaka, M. (2008). Effects of petrissage massage on fatigue and exercise performance following intensive cycle pedalling. *British Journal of Sports Medicine*, *42*(10), 534–538.
- Paoli, A., Bianco, A., Battaglia, G., Bellafiore, M., Grainer, A., Marcolin, G., Cardoso, C. C., Dall'Aglio, R., Palma, A. (sous presse). Sports massage with ozonised oil or non-ozonised oil: Comparative effects on recovery parameters after maximal effort in cyclists. *Physical Therapy in Sport*. doi:10.1016/j.ptsp.2012.11.004
- Palmieri, R. M., Ingersoll, C. D., & Hoffman, M. A. (2004). The Hoffmann Reflex: Methodologic Considerations and Applications for Use in Sports Medicine and Athletic Training Research. *Journal of Athletic Training*, *39*(3), 268–277.
- Pilegaard, H., Domino, K., Noland, T., Juel, C., Hellsten, Y., Halestrap, A. P., & Bangsbo, J. (1999). Effect of high-intensity exercise training on lactate/H⁺ transport capacity in human skeletal muscle. *American Journal of Physiology - Endocrinology And Metabolism*, *276*(2), E255–E261.
- Quality Checklist for Health Care Intervention Studies | Registry of Methods and Tools | National Collaborating Centre for Methods and Tools. (n.d.). Retrieved May 14, 2013, from <http://www.nccmt.ca/registry/view/eng/9.html>
- Raasch, C. C., Zajac, F. E., Ma, B., & Levine, W. S. (1997). Muscle coordination of maximum-speed pedaling. *Journal of Biomechanics*, *30*(6), 595.

- Rinder, A., & Sutherland, C. (1995). An investigation of the effects of massage on quadriceps performance after exercise fatigue. *Complementary Therapies in Nursing & Midwifery*, 1(4), 99–102.
- Robertson, A., Watt, J., & Galloway, S. (2004). Effects of leg massage on recovery from high intensity cycling exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 38(2), 173–176.
- Rodrigues, K. L., Cardoso, C. C., Caputo, L. R., Carvalho, J. C. T., Fiorini, J. E., & Schneedorf, J. M. (2004). Cicatrizing and antimicrobial properties of an ozonised oil from sunflower seeds. *Inflammopharmacology*, 12(3), 261–270.
- Ryan, M. M., & Gregor, R. J. (1992). EMG profiles of lower extremity muscles during cycling at constant workload and cadence. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2(2), 69–80.
- Sackett, D. L. (1989). Rules of evidence and clinical recommendations on the use of antithrombotic agents. *CHEST Journal*, 95(2_Supplement), 2S–4S.
- Shoemaker, J. K., Tiidus, P. M., & Mader, R. (1997). Failure of manual massage to alter limb blood flow: measures by Doppler ultrasound. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(5), 610.
- Simons, D. ., & Mense, S. (1998). Understanding and measurement of muscle tone as related to clinical muscle pain. *Pain*, 75(1), 1–17. doi:10.1016/S0304-3959(97)00102-4
- Soden, P. D., & Adeyefa, B. A. (1979). Forces applied to a bicycle during normal cycling. *Journal of Biomechanics*, 12(7), 527–541. doi:10.1016/0021-9290(79)90041-1
- Stevinson, C. D., & Biddle, S. J. (1998). Cognitive orientations in marathon running and “hitting the wall”. *British Journal of Sports Medicine*, 32(3), 229–234. doi:10.1136/bjism.32.3.229

- Storck, U., Junker, H.-O., & Rostalski, W. (2007). *Technique du massage : précis pédagogique*. Paris: Maloine.
- Sullivan, S. J., Williams, L. R., Seaborne, D. E., & Morelli, M. (1991). Effects of Massage on Alpha Motoneuron Excitability. *Physical Therapy*, 71(8), 555–560.
- Torres, R., Ribeiro, F., Alberto Duarte, & Cabri, J. (2012). Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: Systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 13(2), 101–114. doi:10.1016/j.ptsp.2011.07.005
- Weerapong, P., & Kolt, G. S. (2005). The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention. *Sports Medicine*, 35(3), 235–256.
- Westerblad, H., Allen, D. G., & Lännergren, J. (2002). Muscle Fatigue: Lactic Acid or Inorganic Phosphate the Major Cause? *Physiology*, 17(1), 17–21.
- Wilmore, J. H. (2008). *Physiology of Sport and Exercise*. Human Kinetics.

8 Liste des illustrations

Figure 1: Vélo	1
Figure 2 : Amplitudes articulaires lors du mouvement de pédalage	3
Figure 3 : Travail musculaire	3
Figure 4 : Myologie des membres inférieurs	4
Figure 5 : Anatomie du muscle squelettique	7
Figure 6 : Réflexe de Hoffman	18
Figure 7 : Massage	19
Figure 8 : Huile de massage	34
Figure 9 : Electromyographie de surface	48
Figure 10 : Immersion dans l'eau froide	49

9 Liste des tableaux

Tableau 1 : Diagramme de méthodologie de sélection des articles	24
Tableau 2 : <i>Checklist for Measuring Study Quality</i> (Downs & Black, 1998)	27
Tableau 3 : Résumé des articles inclus dans notre revue	31
Tableau 4 : Comparaison des protocoles de massage et résultats	35
Tableau 5 : Comparaison des protocoles d'exercice et de mesure	46

10 Annexes

10.1 Annexe 1 : Méthodologie

10.1.1 Equations de recherche

10.1.1.1 PubMed

La combinaison de mots-clés retenue pour PubMed est :

((((((((((("Sports"[Mesh])) OR ("Bicycling"[Mesh])) OR ("Ergometry"[Mesh])) OR ("Exercise Test"[Mesh])) OR sport) OR exercise) OR effort) OR cycling) OR bicycling) OR bike) OR bicycle))

AND

((("Massage"[Mesh])) OR massage))

AND

((((((((((("Muscle Rigidity"[Mesh])) OR muscle rigidity) OR muscle stiffness)) OR (("Athletic Performance"[Mesh])) OR performance)) OR (((("Fatigue"[Mesh])) OR ("Muscle Fatigue"[Mesh])) OR fatigue) OR tiredness)) OR ((delayed onset muscle soreness) OR exercise induced muscle damage)) OR (((("Pain"[Mesh])) OR pain)) OR (((("Recovery of Function"[Mesh])) OR recovery)) OR (((("Lactic Acid"[Mesh])) OR ("Lactates"[Mesh])) OR lactate))

- Filters activated: Humans, English, French, Adult: 19-44 years, Middle Aged: 45-64 years

10.1.1.2 CINAHL

La combinaison retenue pour CINAHL est :

((MH "Ergometry") OR (MH "Cycling") OR "bicycle" OR "bike" OR "cycling" OR "bicycling" OR "ergometry" OR "ergometer" OR (MH "Sports") OR "sport" OR "exercise" OR "effort")

AND

((MH "Massage") OR "massage" OR (MH "Sports Massage") OR (MH "Deep Tissue Massage") OR (MH "Swedish Massage"))

AND

((MH "Recovery") OR "recovery" OR (MH "Recovery, Exercise") OR (MH "Athletic Performance") OR "performance" OR (MH "Muscle Fatigue") OR "muscle fatigue" OR "muscle tiredness" OR (MH "Muscle Tonus") OR "muscle rigidity" OR "muscle stiffness" OR (MH "Muscle Pain") OR "delayed onset muscle soreness" OR "exercise induced muscle damage" OR (MH "Lactates") OR "lactates")

10.1.1.3 Embase

Lors de nos recherches sur Embase, nous avons exclu les articles de MedLine (PubMed) qui n'auraient rien apporté de plus. La combinaison retenue pour Embase est :

'massage'/exp

AND

('sport'/exp OR 'bicycle'/exp OR 'bicycle ergometry'/exp OR 'bicycle ergometer'/exp OR 'ergometry'/exp OR 'exercise test'/exp OR 'cycling'/exp)

AND

('exercise recovery'/exp OR 'muscle injury'/exp OR 'myalgia'/exp OR 'muscle rigidity'/exp OR 'muscle fatigue'/exp OR 'physical performance'/exp OR 'athletic performance'/exp OR 'muscle function'/exp OR 'lactic acid'/exp)

AND [adult]/lim AND [humans]/lim AND [embase]/lim

10.1.1.4 Cochrane

La combinaison retenue pour Cochrane est :

(sport or bicycle or cycling or bicycling or bike or ergometry or ergometer or exercise or effort)

and

(massage)

and

(muscle rigidity or muscle stiffness or performance or muscle fatigue or delayed onset muscle soreness or exercise induced muscle damage or pain or recovery or lactate)

- Word variations have been searched

10.1.1.5 PEDro

Pour PEDro où les opérateurs booléens n'existent pas, nous avons fait sept recherches distinctes avec les critères suivants:

- Therapy : stretching, mobilisation, manipulation, massage
- Subdiscipline : Sports

Voici les sept combinaisons de mots-clés dans le champ « Abstract and Title » :

- lactate
- delayed onset muscle soreness
- exercise induced muscle damage massage
- muscle pain recovery
- muscle fatigue
- athletic performance

10.1.1.6 Kinedoc

Pour Kinedoc, base de données francophone sans opérateurs booléens, nous avons utilisé les combinaisons de mots-clés suivantes :

- sport massage récupération => 1
- courbatures massage => 2

Pour ces recherches en plusieurs étapes, nous avons ensuite rassemblé les résultats et éliminé les duplicatas par base de données.

10.2 Annexe 2 : Extraction des données

10.2.1 Cè (2012)

E Cè, E Limonta, MA Maggioni, S Rampichini, A Veicsteinas, F Esposito (2012). <i>Stretching and deep and superficial massage do not influence blood lactate levels after heavy-intensity cycle exercise</i>			
Titre traduit	Les étirements, le massage profond et superficiel n'influencent pas les niveaux de lactate sanguin après un exercice sur vélo d'intensité importante.		
Objectif(s)	Comparer les effets de deux techniques de massage, caractérisées par une pression élevée (massage profond) ou basse (massage superficiel) exercée sur les tissus sous-jacents, et d'une session de stretching statique sur la cinétique du lactate après un exercice de haute intensité de tout le corps, comparé la récupération passive et active.		
Conclusion	Les deux modalités de massage (profond et superficiel) et le stretching statique n'ont pas affecté la cinétique du lactate post effort. La pression appliquée lors du massage ou des manœuvres de stretching ne joue pas de rôle significatif sur les taux de lactate sanguin après un effort de haute intensité à vélo.		
Méthodologie			
Design de l'étude	Etude croisée randomisée (cinq interventions intervalle minimum de 72 h)		
Outcome principal	Lactate sanguin		
Outcome(s) secondaire(s)	Contraction maximale volontaire du quadriceps / EMG du quadriceps / variables cardiaques et métaboliques / stand-and-reach test		
Ethique	Etude menée en accord avec les principes de la déclaration de 1964 d'Helsinki, approuvée par le comité d'éthique local, consentement éclairé écrit		
Intérêts financiers	Pas de conflits d'intérêt à déclarer		
Echantillon	9 hommes physiquement actifs, sans pathologies des membres supérieurs ou inférieurs.		
Méthode de recrutement	Volontariat		
Critères d'inclusion	Pas précisé, on devine : être familier avec l'activité de pédalage		
Critères d'exclusion	Pas précisé, on devine : des pathologies des membres supérieurs et inférieurs, recevoir régulièrement des séances de massage ou de stretching		
Caractéristiques	Âge : 23 ± 1 ans	Taille : 176 ± 2 cm	Poids : 74.4 ± 3.9 kg
Protocole d'exercice	Exercice de 8 min à 90% de la VO ₂ max		
Conditions préalables	Air conditionné pour maintenir la température ambiante (20 °C) et l'humidité (50 %) constantes. Pas d'effort intense les 2 jours précédant le protocole, dernier repas minimum 3 h avant le protocole. Jour des tests : pas de caféine ou boissons similaires.		
Echauffement	10 min de pédalage à 100W		
Effort à vélo	8 min de pédalage à 90% de la VO ₂ max		
Cyclo-ergomètre des MI	Cyclo-ergomètre (mod. 839 E, Monark, Vansbro, Suède)		
Repos après l'effort	Pas de repos entre l'effort et l'intervention		
Intervention	10 min		
Massage profond	30 s d'effleurage ferme et 2 min de pétrissage pour les faces ant et post des deux MI		
Thérapeute	Thérapeute avec une longue expérience, certificat de pratique de plus de 900h. Tests préalables sur un appareil pour que la pression appliquée lors des massages profonds et superficiels soient répliquables.		
Autres interventions	Récupération active: pédalage à 50 % de la VO ₂ max à une cadence choisie par le participant Récupération passive : patient en DD sur lit médical pendant 10 min Stretching : étirement statique passif des ER de genou, des FR de hanche, des ischio-jambiers et des FR plantaires des deux MI. 30 s de tension - 30 s de repos Massage superficiel (myofascial release) : manœuvres de petite pression, longue durée le long des lignes des restrictions fasciales maximales. Une fois la barrière de collagène trouvée, pression légère pendant 150 s puis relâchement quand le tissu s'assouplit. Participant d'abord en DD puis en DV.		
Conditions de la récupération	Mêmes que pour le test		
Mesures			
Lactate sanguin	Sang artériel du lobe de l'oreille (Lactate Pro LT-1710, Japon). Avant l'effort, après l'effort à 1, 3 et 5 min, à chaque minute de l'intervention et toutes les 10 min jusqu'à 60 min après l'intervention.		
MVC	Test isométrique des extenseurs du genou côté dominant à 90° de flexion de genou. Meilleure de 3 contractions de 3 s. Repos de 5 min entre chaque essai. Mesuré en Newton par un "load cell" (capteur de pression de piézoélectrique) opérant de 0 à 2000N (modèle SM-2000N, Interface, Crowthorne, UK). Avant l'effort (MVC rest), juste avant l'intervention (MVC _{PRE}), après l'intervention (MVC _{POST}), puis toutes les 10 min jusqu'à 60 min après l'intervention : MVC _{R10} , MVC _{R20} , ..., MVC _{R60} .		
EMG	EMG de surface (mod. ELSCH004, OTBioelettronica, Turin, Italie) sur le corps charnu des vaste latéral, vaste médial et droit fémoral. Placement des électrodes retenus entre les mesures.		

Analyse des données			
Tests statistiques utilisés	Puissance > 0.80. Vérification de la distribution normale par le test de Kolmogorov-Smirnov. ANOVA (analyse de variance) bivariée (temps x intervention) pour mesures répétées pour déterminer les différences de lactate, MVC et EMG entre les essais. ANOVA univariée pour mesures répétées pour déterminer les différences dans la cinétique du lactate entre les interventions. Test post-hoc de Holm-Sidak lorsque nécessaire pour établir le lieu de la différence. Validité déterminée par un ICC (2-way, mixed model) et une erreur standard de mesure (SEM %). Test de Student pour vérifier les différences entre Trial 1 et Trial 2. Test de Pearson pour les corrélations entre lactate, MVC et R2 de l'EMG time-courses. Niveau de significativité à $p < 0.05$. Résultats exprimés comme moyenne \pm standard error.		
Résultats			
	Total mean (SD)	Massage profond	Récupération passive
Lactate sanguin	Significativement plus bas dans la récupération active de la min 4 à min 10 de l'intervention. 10 min après l'intervention, le lactate était toujours plus bas pour la récupération active. Après cela, plus de différences entre les modalités.	Figure 2 (Tableau IV pour A, γ , τ , R2 et coefficient de variation)	
MVC	Diminution significative après l'effort qui persiste tout le long du protocole. Pas de corrélations entre lactate et	Pas de différences entre les conditions (Figure 4)	
EMG	MVC ou EMG.		
Discussion			
Description des effets	1) Le massage superficiel n'a pas accéléré la cinétique du lactate comparé au massage profond et l'étirement. 2) Le massage profond n'a pas montré une cinétique du lactate plus lente que la récupération passive. 3) L'étirement n'a pas altéré la cinétique du lactate comparé à la récupération passive. Conclusion : la pression exercée lors du massage ou des étirements n'a pas joué de rôle significatif sur la cinétique du lactate après un effort.		
Limites de l'étude	La mesure du lactate sanguin n'est pas directement prise dans le muscle. Le taux de lactate est donc l'équilibre entre l'accumulation et l'élimination du lactate par le muscle et la circulation sanguine.		
Explication des biais de l'étude	Pas de précisions		
Réflexion sur des recherches futures	Première étude qui compare la pression utilisée pour le massage et le lactate, donc aucune comparaison avec d'autres études possibles.		
Commentaires personnels			
Participants physiquement actifs --> pas très précis. Effets de l'entraînement si les participants font un test de VO_2 max 2x, puis le test d'effort 5x. Protocole bien décrit avec des sources pour les choix faits. Utilisation de ce qui a déjà été étudié. Ils utilisent un stand-and-reach test et l'échelle de Borg mais ne le justifient pas. Bien d'allier MVC avec EMG. La discussion ne parle que de l'outcome "lactate", rien n'est dit sur la force.			

10.2.2 Gupta (1996)

S Gupta, A Goswami, AK Sadhukhan, DN Mathur (1996). <i>Comparative study of lactate removal in short term massage of extremities, active recovery and a passive recovery period after supramaximal exercise sessions</i>			
Titre traduit	Etude comparative sur l'élimination du lactate lors d'un massage de courte durée des extrémités, de récupération active et d'une période de récupération passive après des sessions d'exercice supramaximal		
Objectif(s)	Evaluer la contribution possible du massage de courte durée des extrémités au modèle d'élimination du lactate sanguin. Enregistrement des changements cardio-respiratoires observés lors du massage en comparaison à la récupération active et passive		
Conclusion	Le massage à court terme n'est pas efficace pour améliorer l'élimination de lactate. La récupération active est la meilleure modalité pour améliorer l'élimination du lactate après un effort supramaximal.		
Méthodologie			
Design de l'étude	Etude croisée randomisée (trois conditions séparées par minimum 48 h). Allocation du volontaire et du mode de récupération aléatoire avec l'ordinateur et un programme de générateur de nombre aléatoire.		
Outcome principal	Lactate sanguin		
Outcome(s) secondaire(s)	Fréquence cardiaque. Echanges gazeux (ventilation O ₂ et CO ₂)		
Ethique	Pas précisé		
Intérêts financiers	Support financier du Sports Science Research Fellowship Scheme of the Sports Authority of India		
Echantillon	10 athlètes masculins en période d'entraînement pré-compétition (5 marcheurs, 4 coureurs junior de distance moyenne, 1 coureur junior de longue distance)		
Méthode de recrutement	Volontariat		
Critères d'inclusion	Pas précisé		
Critères d'exclusion	Pas précisé		
Caractéristiques	Âge : 21.1 ± 4.25 ans	Taille : 171.9 ± 5.27 cm	Poids : 58.8 ± 7.1 kg
Tests préalables	Test de la VO ₂ max		
Test effectué	Charge initiale de 1 W/kg de poids corporel puis augmentation toutes les 2 min de 0.5 W/kg de poids corporel, à un rythme de 80 révolutions/min de pédalage. Jusqu'à épuisement. Analyse des échanges gazeux et de la FC.		
Protocole d'exercice			
Conditions préalables	Salle avec air conditionné pour maintenir la température ambiante et l'humidité constantes. Les sujets étaient tous dans une période pré-compétition. La veille du protocole : entraînement allégé. Jour du protocole : pas d'entraînement.		
Echauffement	Pas d'échauffement précisé.		
Effort à vélo	Exercice supramaximal : sessions de 1 min d'exercice à 150 % de la VO ₂ max à un rythme de pédalage de 80 révolutions/min, séparées de 15 s de récupération, jusqu'à épuisement. Les participants ont toléré entre 3 et 5 sessions.		
Cyclo-ergomètre des MI	Cyclo-ergomètre (Erich Jaeger, Allemagne)		
Repos après l'effort	Pas précisé		
Intervention	40 min		
Description du massage	Pétrissage et effleurage sur les MS et les MI pendant 10 min		
Thérapeute	Physiothérapeute qualifié		
Autre(s) intervention(s)	Récupération passive : 40 min de repos en position assise relâchée. Récupération active : 40 min de pédalage à 30 % de la VO ₂ max		
Conditions de la récupération	Pas précisé		
Mesures			
Lactate sanguin	Après l'effort : à 0, 3, 5, 10, 20, 30 et 40 min. Analyses à partir d'échantillons du bout du doigt avec un analyseur automatique (23L, YSI, USA) mMol/l		
Fréquence cardiaque	Toutes les 30 s jusqu'à la fin des 30 min de récupération		

Analyse des données			
Tests statistiques utilisés	Données de temps et lactate entrée dans un modèle de régression logistique linéaire. Utilisation de la notion de "Demi-vie" pour le temps d'élimination de la moitié de la quantité maximale de lactate sanguin. Demi-vies estimées par une équation de régression entre le temps et la quantité de lactate. Mesures répétées d'ANOVA avec test post hoc Newman-Keul pour estimer les différences entre les valeurs moyennes. Niveau de significativité à p < 0.05		
Résultats			
	Total mean (SD)	Massage MR	Récupération passive
Lactate sanguin	Peak lactate et quantité de lactate après 3 min : pas de différence entre les interventions. Lactate dès 10 min : différence significative entre récupération active et récupération passive, entre récupération active et massage, pas de différence significative entre massage et récupération passive.	0 min : 6.8 ± 0.6 3 min : 9.6 ± 1.0 5 min : 8.7 ± 1.4 10 min : 5.6 ± 0.6 20 min : 4.4 ± 0.5 30 min : 3.9 ± 0.4 40 min : 3.2 ± 0.5	0 min : 6.5 ± 0.6 3 min : 9.5 ± 1.0 5 min : 9.3 ± 1.4 10 min : 5.7 ± 0.8 20 min : 4.9 ± 0.6 30 min : 3.8 ± 0.5 40 min : 3.3 ± 0.3
Lactate sanguin : vitesse	Figure 1	Pas de différence significative	
Lactate sanguin : demi-vie	Pas de différence significative entre massage et récupération passive.	21.8 ± 3.5	21.5 ± 2.8
Discussion			
Description des effets	Les réponses physiologiques du massage ont été attribuées à : 1) une augmentation de la circulation locale, 2) une augmentation de la perméabilité cellulaire et 3) son effet relaxant sur le système nerveux central et périphérique. Effets sur la circulation controversés (maintien d'une température élevée par frictions, FC plus élevée). Le massage ne favorise pas la diffusion du lactate dans les différents compartiments du corps pendant les 5 premières min. L'augmentation de la fonction cardiaque, la ventilation en O ₂ et l'oxydation du lactate pourraient expliquer la demi-vie du lactate plus courte lors de la récupération active. La première différence significative à 10 min met en évidence l'utilisation du lactate comme substrat énergétique dans les phases ultérieures de la récupération.		
Limites de l'étude	/		
Explication des biais de l'étude	Massage appliqué également à des groupes musculaires inactifs (le lactate serait réutilisé en majorité par ces muscles). Du coup temps de massage par zone très court (3 min) peut-être pas suffisant.		
Réflexion sur des recherches futures	Effets bénéfiques attendus du massage par rapport à la récupération passive pour augmenter l'élimination du lactate restent improuvés.		
Commentaires personnels			
Fatigant de faire un test de VO ₂ max puis des sessions d'exercices supramax --> biais ? Rien n'est précisé au niveau de l'éthique (consentement et comité d'éthique). Protocole mal décrit : il semble que les sujets aient réalisé une seule session d'exercice, mais trois interventions de récupération séparée par 48 h sans refaire d'exercice. Sportifs d'endurance pour un effort supramaximal, à quelle population ils correspondent ? 10 min de massage.			

10.2.3 Lane (2004)

KN Lane, HA Wenger (2004). <i>Effect of selected recovery conditions on performance of repeated bouts of intermittent cycling separated by 24 hours</i>	
Titre traduit	Effet de conditions de récupération choisies sur la performance de périodes répétées de pédalage intermittent séparées par 24 heures
Objectif(s)	Investiguer les effets de différentes conditions de récupération (récupération active, massage et immersion dans l'eau froide) sur des périodes répétées intermittentes de pédalage séparées par 24 heures.
Conclusion	La récupération active, le massage et l'immersion dans l'eau froide facilitent le processus de récupération entre 2 sessions d'exercice de haute intensité séparées par 24 heures.
Méthodologie	
Design de l'étude	Etude croisée randomisée contrôlée (quatre interventions avec intervalle minimum de 48 h)
Outcome principal	Travail total (kJ)
Ethique	Etude approuvée par le University of Victoria Human Research Ethics Committee, consentement éclairé écrit
Intérêts financiers	Pas précisé
Echantillon	10 hommes physiquement actifs entre 18 et 30 ans
Méthode de recrutement	Pas précisé
Critères d'inclusion	Pas précisé
Critères d'exclusion	Pas précisé
Caractéristiques	Âge : 26.3 ans \pm 2.0 Poids : 74.3 kg \pm 2.8 Somme de 5 plis de peau : 41.5 mm \pm 4.3
Visite(s) préalable(s)	Familiarisation avec toutes les procédures
Test(s) effectué(s)	Somme de 5 plis de peau (triceps, biceps, subscapulaire, crête iliaque et mollet médial) et VO ₂ max
Autres	5-7 périodes de sprints maximaux en pédalant de 5 s espacés de minimum 30 s (pour minimiser l'effet d'apprentissage et mettre l'accent sur l'importance d'un début de sprint explosif à chaque fois)
Protocole d'exercice	
Conditions préalables	Variables contrôlées = temps de chaque session de pédalage intermittent, sommeil adéquat et alimentation
Echauffement	5 min de pédalage + 5 min de stretching (quadriceps, ischio-jambiers puis groupes musculaires du mollet)
Effort à vélo	12 fois : (5 s d'effort + 25 s de repos) puis 6 fois : (10 s d'effort + 50 s de repos) puis 4 fois (15 s d'effort + 75 s de repos) => Total = 18 minutes, Effort = max, Résistance = 80 g/kg de masse corporelle
Cyclo-ergomètre des MI	Calibrated Monark 818e cycle ergometer connecté à un compteur électronique de révolutions
Repos après l'effort	/
Intervention	Tout de suite après l'effort
Massage (MR)	15 min de massage du quadriceps, des ischio-jambiers et des groupes musculaires du mollet. Techniques : effleurages profonds (2.5 min/jambe), compressions (1 min/jambe), "deep muscle stripping" (2 min/jambe), ballotements ("jostling") (1 min/jambe) et frictions transversales ("cross-fiber frictions") (1 min/jambe)
Thérapeute	Masseur enregistré
Autres interventions	Récupération active : 15 min de pédalage à 30 % de VO ₂ max / 15 min d'immersion des MI dans l'eau froide à 15°C / Contrôle : 15 min assis passivement
Conditions de la récupération	/
Deuxième effort à vélo	24 h après
Echauffement	idem
Effort	idem
Mesures	
Travail total (kJ)	Compteur de révolutions électronique relié au cyclo-ergomètre

Analyse des données			
Tests statistiques utilisés	Paired t-tests ($p \leq 0.05$) pour chaque intervention de récupération entre les sessions d'effort 1 et 2. Analyse de variance du travail total pour le premier effort pour chaque intervention de récupération (1 x 4) (pour s'assurer que le protocole de cyclisme donne des résultats reproductibles). Résultats présentés sous forme de moyenne (SEM)		
Résultats			
		Massage (MR)	Contrôle (PR)
Travail total (kJ) lors du premier effort	Pas de différence significative ($p = 0.54$)		
Travail total (kJ) (effort 2 vs effort 1)	Figure 1	105.8 ± 5.3 vs 104.8 ± 5.1	108.1 ± 5.4 vs 106.0 ± 5.0 ($p < 0.05$)
Différence de travail (J) (effort 1 - effort 2)		1.001	2.133
Différence de temps entre effort 1 et 2 (s)	5 s = 2.33 J	1.8 => slower	3.9 => slower
Différence de travail en pourcentage (%)	Figure 2		
Discussion			
Description des effets	<p>Baisse de performance significative pour l'intervention contrôle (le flux sanguin retourne à son niveau de repos plus rapidement => les métabolites comme l'acide lactique restent dans le muscle plus longtemps => diminution du pH => interférence avec le processus de récupération par inhibition des enzymes impliquées dans la synthèse du glycogène + diminution du plasma à cause de l'augmentation du gradient osmotique => diminution du remplissage diastolique => diminution du volume d'éjection cardiaque => diminution du transport d'O₂ => atteinte négative de la régénération aérobie lors du protocole d'exercice => diminution de la performance + retard de la réparation des dommages au matériel contractile). La performance semble maintenue pour les autres interventions (MR, AR et CR). La récupération active semble faciliter le processus de récupération (accélération de la clearance du lactate et des ions H⁺, augmentation du flux sanguin et augmentation de l'apport d'O₂ dans les muscles en récupération). Le massage semble faciliter la performance de périodes répétées d'exercice intermittent séparées par 24 heures (effet sur le flux sanguin => clearance acide lactique et autres intermédiaires). L'immersion dans l'eau froide semble capable de maintenir la puissance développée durant des sessions d'exercice intermittent similaire de haute intensité séparés par 24h. Cela faciliterait le processus de récupération (effet sur la vasoconstriction, le métabolisme musculaire et le processus inflammatoire => diminution de l'œdème et de l'activité lysosomale). Les sujets ont préféré l'immersion aux autres interventions. Effet psychologique positif de bénéficier d'une forme de condition de récupération.</p>		
Limites de l'étude	/		
Explication des biais de l'étude	/		
Réflexion sur des recherches futures	<p>La récupération active empêcherait la resynthèse d'ATP et de CP. En revanche, une période de récupération active suivie de repos aurait un effet bénéfique en termes d'augmentation du flux sanguin et de l'apport d'oxygène sans compromettre la resynthèse d'ATP et de CP. Précision des mécanismes du massage dans le processus de récupération. Déterminer si la combinaison de différentes conditions de récupération (AR suivi de MR ou CR) est plus efficace qu'une seule condition de récupération après un exercice intermittent de haute intensité. Avoir des biopsies musculaires avant et après la première et la deuxième période d'exercice pour élucider les processus physiologiques qui retournent ou non à leur niveau de repos.</p>		
Commentaires personnels			
<p>Volonté de faire un protocole proche de la réalité. Les 2 efforts sont séparés de 24h. Ceci est différent des études qui font le 2e effort juste après l'intervention de récupération. Paragraphe sur les recommandations pour la pratique.</p>			

10.2.4 Martin (1998)

NA Martin, RF Zoeller, RJ Robertson, SM Lephart (1998). <i>The Comparative Effects of sports massage, active recovery, and rest in promoting blood lactate clearance after supramaximal leg exercise</i>			
Titre traduit	Les effets comparés du massage sportif, de la récupération active et du repos sur la promotion de l'élimination du lactate sanguin après un effort supramaximal des jambes.		
Objectif(s)	Comparer les effets du massage sportif, de la récupération active et du repos sur la promotion de l'élimination du lactate sanguin après un effort supramaximal des jambes.		
Conclusion	Après un effort supramaximal des jambes, la récupération active produit une diminution significative des mesures à la fois absolues et relatives de la concentration de lactate sanguin comparée au massage sportif et au repos. Aucune différence significative n'a été trouvée entre le massage sportif et le repos pour des changements soit absolus, soit relatifs de la concentration en lactate sanguin. Les entraîneurs devraient donc recommander de l'exercice musculaire léger pour accélérer l'élimination du lactate.		
Méthodologie			
Design de l'étude	Etude expérimentale croisée randomisée avec mesures répétées (trois conditions séparées par minimum 48 h). Randomisation par la technique du latin square à la fin de la première visite.		
Outcome principal	Lactate sanguin (baisse de la concentration absolue et relative)		
Ethique	Etude approuvée par le University of Pittsburgh's Biomedical Institutional Review Board, consentement éclairé écrit		
Intérêts financiers	Pas précisé		
Echantillon	10 hommes entre 21 et 34 ans, membres du Panther Cycling Club		
Méthode de recrutement	Volontariat (probablement via le Panther Cycling Club)		
Critères d'inclusion	1) Hommes, 18 ans ou plus âgés, avec des niveaux de condition physique aérobie et des années d'expérience cycliste compétitive similaires, 2) Pas d'antécédent de problèmes cardiovasculaires, orthopédiques ou métaboliques pouvant influencer négativement la capacité du sujet à effectuer un exercice de haute intensité, 3) Pas de contre-indications au massage		
Critères d'exclusion	Pas précisé		
Caractéristiques	Âge : 24.5 ans ± 3.98 (21-34)	Taille : 174.56 cm ± 6.62	Poids : 69.90 kg ± 5.46
Visite(s) préalable(s)	1		
Test effectué	VO2 peak		
Protocole d'exercice			
Conditions préalables	Pas d'exercice physique lourd 24 h avant chaque session de test. Intervalle minimum entre deux tests = 48 h. Pas de prise de nourriture ou liquide (sauf eau) 3 h avant chaque session de test.		
Echauffement	/		
Effort à vélo	3 Wingate tests (30 s d'effort à fond (supramaximal) avec une forte résistance en lien avec le poids corporel) avec 2 min de repos entre chaque		
Cyclo-ergomètre des MI	Monark cyclo-ergomètre avec clips (model *818, Monark, Inc, Stockholm, Suède) relié à un ordinateur compatible avec IBM, pack software manufacturé par Sports Medicine Industries, Inc (Version 102A, 1992, St. Cloud, MN) (pour déterminer la résistance pour chaque sujet et générer une analyse en ligne de la puissance anaérobie)		
Repos après l'effort	5 minutes assis sur le cyclo-ergomètre (pour que le lactate sanguin post-exercice atteigne son niveau max)		
Intervention	20 minutes		
Description du massage	10 min en DD (5 min jambe droite puis 5 min jambe gauche) puis 10 min en DV (jambe droite puis gauche). Massage post-événement typique. Techniques utilisées: Effleurage, pétrissage, tapotement, et compression pour augmenter le flux sanguin dans les corps musculaires précédemment actifs. Description des manœuvres au paragraphe "Sports Massage" et déroulement précis dans le Tableau 2 . Utilisation de crème de massage après la technique de compression (pour diminuer les frictions).		
Thérapeute	Enquêteur principal, certifié dans le massage sportif, pour tous les massages		
Autres interventions	Récupération active : pédalage à 80 révolutions par min à 40% de VO ₂ pic. Repos (contrôle) : couché en DD sur une table		
Conditions de la récupération	Pas précisé		
Mesures			
Lactate sanguin	Echantillons de sang (2 mL) d'un cathéter à demeure (mesure-21) inséré dans une veine antécubitale proéminente 10 min avant l'exercice. Le cathéter a été maintenu ouvert avec une perfusion de solution saline héparinée (0.4 mL/100 mL). 1) Avant l'exercice (échantillon de repos). 2)3)4) Juste après chaque Wingate test. 5) 5 min après le dernier Wingate test. 6)7)8)9) à 5 min d'intervalle pendant les 20 minutes d'intervention. Analyse de la concentration (mmol/L) par un Yellow Springs 2700 Select Biochemistry Analyzer (Yellow Springs Instrument Co, Inc, Yellow Springs, OH). Moyenne de deux lectures par échantillon.		

Analyse des données			
Tests statistiques utilisés	t test pour vérifier que la concentration de lactate augmente avec les 3 Wingate tests ($p < 0.05$) (échantillon 1 (de repos) - échantillon 5 (valeur pic)). Analyse de variance avec mesures répétées à 2 facteurs (ttt x temps) pour voir le changement absolu (différence entre la échantillon 5 (pic) et 9 (fin d'intervention)) en mL/L) et relatif (diminution en % de l'échantillon 5 (pic) à l'échantillon 9 (fin d'intervention)) de concentration de lactate dû aux interventions ($p < 0.05$). Procédure Scheffé post-hoc (?) (pour tester les effets principaux et d'interaction significatifs dans les changements absolus et relatifs du lactate sanguin entre et au sein des trois groupes d'intervention)		
Résultats			
	Total	Massage (MA)	Repos (contrôle)
Augmentation de la concentration du lactate sanguin après les 3 Wingate tests	Significative ($p < 0.05$)		
Différence de concentration de lactate sanguin absolue entre les trois interventions (mL/L)	F = 6.16 ($p = 0.009$)		
Différence de concentration de lactate sanguin relative entre les trois groupes (%)	F = 31.52 ($p = 0.000$)		
Différence de concentration de lactate sanguin absolue au cours du temps dans les groupes (mL/L) (échantillon 5 (pic) - échantillon 9 (fin d'intervention))	F = 119.34 ($p = 0.000$) (Figure 1)		
Différence de concentration de lactate sanguin relative au cours du temps dans les groupes (%)	F = 162.78 ($p = 0.000$) (Figure 2)		
Baisse moyenne de concentration en lactate sanguin absolue (mL/L)	Différence significative entre récupération active et massage et entre récupération active et repos. Différence significative entre massage et repos seulement 15 min post ex	4.39	4.33
Baisse de concentration en lactate sanguin relative (%)		36.21	38.67
Résumé	1) 20 minutes de massage sportif n'ont pas d'effet significatif sur la concentration en lactate sanguin comparé au repos (absolu et relatif), 2) 20 minutes de récupération active créent une diminution significative (absolue et relative) des valeurs de concentration du lactate sanguin comparée au massage sportif et au repos		

Discussion	
Description des effets	La récupération active est utile pour accélérer la réduction de l'acidose métabolique suivant l'exercice anaérobie de haute intensité. Le massage sportif n'est pas efficace pour promouvoir la clearance du lactate sanguin après un exercice anaérobie de haute intensité (l'augmentation du flux sanguin n'est pas si grande, pas d'amélioration significative de la perfusion du tissu musculaire, peu d'effet de l'augmentation du flux sanguin sur la clearance du lactate)
Limites de l'étude	/
Explication des biais de l'étude	/
Réflexion sur des recherches futures	Examiner les techniques de compression individuellement, augmenter le temps de traitement, déterminer la concentration musculaire du lactate.
Commentaires personnels	
Super introduction. Les sujets sont des cyclistes. Pas de population cible. Longue explication sur l'obtention de la VO ₂ max. Calculs savants sur le lactate sanguin. Valeur absolues et relatives. Ne publie pas tous ses résultats. Bonne description du massage. Les auteurs développent la réflexion autour de leurs résultats.	

10.2.5 Monedero (2000)

J Monedero, B Donne (2000). <i>Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance</i>			
Titre traduit	Effet d'interventions de récupération sur l'élimination du lactate et la performance subséquente		
Objectif(s)	Comparer les effets de quatre interventions différentes de récupération après un exercice maximal de pédalage sur la vitesse d'élimination du lactate sanguin et la capacité de performance maximale subséquente à vélo.		
Conclusion	La récupération combinée (récupération active + massage) était la plus efficace pour maintenir une performance maximale lors d'un second test d'effort de 5 km. La récupération active et la récupération combinée étaient les interventions les plus efficaces pour éliminer le lactate sanguin.		
Méthodologie			
Design de l'étude	Etude croisée (quatre interventions)		
Outcome principal	Vitesse d'élimination du lactate sanguin		
Outcome(s) secondaire(s)	Performance maximale, FC		
Ethique	Etude approuvée par le Human Ethics Committee of the University of Dublin, consentement éclairé écrit		
Intérêts financiers	Pas précisé		
Population cible	Cyclistes masculins entraînés en bonne santé		
Echantillon	18 cyclistes masculins entraînés, en bonne santé, en pré-saison ou début de saison de compétition		
Méthode de recrutement	Pas précisé		
Critères d'inclusion	Pas précisé		
Critères d'exclusion	Pas précisé		
Caractéristiques	Âge : 25 ans ± 0.9	Poids : 72 kg ± 1.6	Expérience cycliste : 5 ans ± 0.3
Visite(s) préalable(s)	2		
1	Examen médical et test maximal incrémental continu sur vélo, protocole progressif continu pour déterminer la VO ₂ max et le profil lactate		
2	Familiarisation avec la distance et le protocole de test et évaluation de la reproductibilité des temps de performance pour le premier test de 5km		
Protocole d'exercice			
Conditions préalables	Température de la salle = 18 °C		
Echauffement	2 min à 150 W		
Effort à vélo	Test d'effort maximal de 5 km		
Cyclo-ergomètre des MI	King-cycle Trainer/Tester Unit (EDS Portapromt Ltd., England) (calibré avant chaque effort)		
Repos après l'effort	1 min assis sur le vélo immobile		
Intervention	15 min		
Description du massage	Effleurage, "stroking" et percussions douces sur la partie postérieure des MI, sujet en DD		
Thérapeute	Le même masseur certifié pour tous les sujets		
Autre(s) intervention(s)	Récupération passive (assis sur une chaise) / Récupération active (pédalage submaximal à une charge équivalente à 50 % de la VO ₂ max de chacun) / Récupération combinée (pédalage submaximal (décrit ci-avant) pendant 3.75 min, massage (décrit ci-avant) pendant 7.5 min (3.75 min par jambe), pédalage (décrit ci-avant) pendant 3.75 min)		
Conditions de la récupération	Hydratation à volonté, mais même volume et même boisson à chaque session / Pas d'étirements		
Deuxième effort à vélo	20 minutes après le premier		
Echauffement	Idem + recalibration du Kingcycle (2 min)		
Effort	Idem		
Mesures			
Lactate sanguin	Pendant effort 1 et 2, et à 3 min d'intervalle pendant les interventions de récupération. YSI 1500 Sport Lactate Analyser (Yellow Spring Instruments, Ohio, USA) à partir d'échantillon de capillaire du bout des doigts.		
Temps de performance	Pour effort 1 et 2. PC.		

Analyse des données				
Tests statistiques utilisés	ANOVA ($p < 0.05$) (pour détecter les différences significatives entre les quatre interventions de récupération)	Test de Scheffe F (analyse post-hoc des différences significatives)		Résultats des groupes présentés sous forme de moyenne et erreur standard de la moyenne (SEM)
Résultats				
	Total	Massage (MA)	Récupération passive	Récupération combinée
Temps de performance pour le premier test d'effort max de 5 km (t_1) (s)	Pas de différence significative entre les différentes sessions	379 ± 4.2	379 ± 4.5	382 ± 6.3
Différence de temps de performance (t_2-t_1) (s)	Voir Table 2	7.7 ± 1.5 s ($p < 0.05$)	9.9 ± 1.6 s ($p < 0.01$)	2.9 ± 1.5 s
Lactate sanguin avant le premier test d'effort maximal de 5 km (Pre T_1)	Pas de différence significative entre les différentes sessions	2.0 ± 0.1	1.8 ± 0.1	2.0 ± 0.0
Lactate sanguin après le premier test d'effort maximal de 5 km (Post T_1)	Pas de différence significative entre les différentes sessions	9.5 ± 0.6	8.9 ± 0.5	9.2 ± 0.6
Vitesse d'élimination des lactates ($mM \times min^{-1}$)	VOIR FIGURE 2	moins efficient (vitesse significativement plus élevée pour le massage de 0 à 3 min d'intervention)		plus efficient
Vitesse moyenne d'élimination des lactates ($mM \times min^{-1}$)	$p < 0.05$ entre MA ou CO et RA ou RC	0.21 ± 0.04	0.16 ± 0.06	0.38 ± 0.04
BLa au commencement du deuxième effort		plus haut ($p < 0.01$)		plus bas
BLa après le deuxième effort		Pas de différence significative entre les interventions		
Fréquence cardiaque	VOIR FIGURE 3	le plus bas	le plus bas	phases actives : le plus haut, phase passive : le plus bas
Discussion				
Description des effets	Pour maintenir la performance pour un effort maximal subséquent, la récupération combinée est mieux que le massage ou la récupération active ou passive (peut-être à cause de la restauration du glycogène musculaire pendant la période de récupération). Pour éliminer les lactates après l'exercice, la récupération active et combinée sont mieux que le massage ou la récupération passive. Durant la récupération combinée, la vitesse d'élimination la plus haute a été observée lors des phases actives. L'exercice à une intensité plus basse que T_{LAC} (récupération active et phases actives de la récupération combinée, à une intensité de 50% de VO_2max) induit une vitesse d'élimination des lactates plus élevée que les autres interventions (augmentation du flux sanguin aux muscles utilisés mise en évidence par la fréquence cardiaque élevée). Le massage crée également une augmentation du flux sanguin dans les tissus par un flux artériel augmenté et une compliance veineuse augmentée, mais la clearance de lactate reste similaire au repos et plus faible que lors de la récupération active et combinée.			
Limites de l'étude	Pas de mesures du glycogène.			
Réflexion sur des recherches futures	Quels mécanismes dans la récupération combinée favorisent la performance (autres que la vitesse d'élimination des lactates)? Est-ce que la récupération active empêche le stockage de glycogène musculaire?			
Commentaires personnels				
Les sujets sont des cyclistes. Effet de l'entraînement si les participants font 4x (+ 2x pour le test) le protocole ? Massage que de la face postérieure des MI, pourquoi éviter la cuisse? Tous les chiffres des résultats ne figurent pas dans l'article. Pourquoi faire du massage combiné avec de la récupération active? Ce n'est pas expliqué dans l'introduction.				

10.2.6 Ogai (2008)

R Ogai, M Yamane, T Matsumoto, M Kosaka (2008). <i>Effects of petrissage massage on fatigue and exercise performance following intensive cycle pedalling</i>			
Titre traduit	Les effets du massage "pétrissage" sur la fatigue et la performance de l'exercice après un effort intense de pédalage sur vélo.		
Objectif(s)	Etudier les effets du pétrissage comme traitement de massage post-exercice sur la concentration sanguine du lactate, la raideur musculaire, la fatigue perçue des membres inférieurs et la performance subséquente.		
Conclusion	Le pétrissage a amélioré le pédalage sur cyclo-ergomètre, avec une meilleure récupération de la raideur musculaire et de la fatigue perçue des MI. Pas d'effet sur le lactate sanguin.		
Méthodologie			
Design de l'étude	Etude croisée randomisée (deux interventions avec intervalle de minimum une semaine)		
Outcome principal	Puissance totale		
Outcomes secondaires	Rigidité musculaire, Perception de fatigue des MI, Lactate sanguin		
Ethique	Etude approuvée par le Human Subjects Committee de Chukyo University Graduate School of Health and Sport Sciences, consentement éclairé écrit		
Intérêts financiers	Soutien financier de Otsuka Pharmaceutical Co, Ltd, Tokyo, Japan, et soutien, en partie, de Grants-in-Aid for Scientific Research from Chukyo University		
Echantillon	11 étudiantes en bonne santé, faisant de l'exercice physique min 3 j/semaine dans le programme de sport de l'université n'ayant pas eu de blessures l'année précédente		
Méthode de recrutement	Pas précisé, on devine via la Chukyo University School of Health and Sport Sciences		
Critères d'inclusion	Pas précisés, on devine : femmes étudiantes en bonne santé, faisant de l'exercice physique min 3x/sem dans le programme de sport de l'université, n'ayant pas souffert de blessures durant l'année précédente.		
Critères d'exclusion	Pas précisé		
Caractéristiques	Âge : 21.1 ans ± 0.9	Taille : 158.7 cm ± 4.8	Poids : 52.8 kg ± 4.9
Protocole d'exercice (EX1)			
Conditions préalables	Alimentation normale pendant la durée de l'étude, éviter l'exercice fatiguant 3 jours avant l'étude		
Echauffement	Echauffement de 3 min : pédalage sur vélo sans charge		
Effort à vélo	8 x 5 s de pédalage à une charge individuelle (0.075 kp x poids (kg)), séparés d'une pause de 20 s => total de 180 s (3 min) d'effort.		
Cyclo-ergomètre des MI	Powermax VII, Combi, Tokyo, Japon		
Intervention	Repos de 35 min en DD avec massage de la 5 ^{ème} à la 15 ^{ème} min pour la condition "massage"		
Description du massage	Pétrissage de 1 min des muscles quadriceps, tibial antérieur, gastrocnémiens, ischio-jambiers, moyens fessiers, en alternant entre MI G et MI D. Séquence de 12 compressions pendant 1 min, allant de distal à proximal. Pression sous le seuil de la douleur (feedback du sujet)		
Thérapeute	Thérapeute qualifié et expérimenté		
Autres interventions	Contrôle = repos seul		
Conditions de la récupération	Température dans le laboratoire 23°C. Pas d'autres précisions		
Deuxième effort à vélo EX2	35 min après EX1		
Echauffement	Pas d'échauffement pour EX2		
Effort	Effort identique à EX1		
Mesures	1) Baseline (avant l'échauffement). 2) Directement après EX1 (0-EX1). 3) Après l'intervention, entre la 15 ^{ème} et la 20 ^{ème} min de repos (15-EX1). 4) Après le repos (30-EX1). 5) Après EX2 (0-EX2)		
Puissance totale (mesurée pendant les efforts EX1 et EX2)	Puissance totale du cyclo-ergomètre affichée sur le moniteur du vélo, évaluée par un programme spécifique (Combi, Tokyo, Japon). La puissance totale déployée pendant chacune des 8 phases de 5 s de pédalage a été convertie en charge de travail et additionnée pour obtenir la performance globale pendant EX1 et EX2. Les résultats de EX2 ont été exprimés en pourcentage de EX1.		
Raideur musculaire	Duromètre commercial (MB36-FPK, Shiro, Osaka, Japon). Mesures intermédiaires entre l'insertion du quadriceps sur l'EIAS et sur l'extrémité supérieure du tendon patellaire (sites marqués à l'encre avant le début de l'expérience). L'index de raideur s'étendait de l'impression maximum de la pointe sur la peau (100%) à la non-impression (0%). Les mesures ont été exprimées en pourcentage de la mesure de Baseline.		
Perception de la fatigue des MI	Echelle visuelle analogique (de gauche à droite, 0-100 mm, 0 = aucune fatigue, 100 = fatigue extrême). Mesures exprimées en mm depuis 0.		
Lactate sanguin	Echantillons prélevés au niveau de l'index de la main non-dominante avec une lancette (Sanwa Kagaku Kenkyusyo Co, Japon). Echantillons de 20 µl collectés avec des tubes capillaires. Electro-enzymatic assay kit (Biosen 5030, EKF, Allemagne)		

Analyse des données			
Tests statistiques utilisés	SPSS version 10.0J (SPSS Japon Inc, Japon). Limite significative à $p < 0.05$. Chaque paramètre a été testé pour déterminer les différences entre CO et MA en utilisant des mesures répétées de RM-ANOVA. Si les conditions étaient significativement différentes, des tests post-hoc de Bonferroni ont été utilisés pour identifier les déviations significatives à un moment donné.		
Résultats			
	Total	Control (CO)	Massage (MA)
Puissance totale en J (SD)	EX1 : pas de différence significative entre CO et MA. EX2 : groupe MA significativement plus haut que groupe CO en matière de pourcentage de EX1 (respectivement 103.1 (2.3) % et 99.2 (3.2) %)	EX1 = 15849 J (2452) EX2 = 15696 (2252) => diminution significative ($p < 0.001$)	EX1 = 15717 (1963) EX2 = 16226(2184) => augmentation significative ($p < 0.01$ %)
Raideur musculaire	Différence significative de la rigidité musculaire à 15-EX1 et 30-EX1 entre CO et MA ($p < 0.05$), non significative à 0-EX2 ($p = 0.26$)	Baseline = 100% 0-EX1 : \uparrow 10.8 (3.3) % 15-EX1 : \downarrow 7.2 (1.6) % 30-EX1 : \downarrow 3.6 (2.6) % 0-EX2 : \uparrow 9.9 (4.4) %	Baseline = 100%. 0-EX1 : \uparrow 10.8 (2.8) %. 15-EX1 : \downarrow 3.7 (1.9) % 30-EX1 : \downarrow 0.7 (2.1) % 0-EX2 : \uparrow 7.9 (3.7) %
Perception de la fatigue des MI	Meilleure récupération de la fatigue perçue pour MA. Différence significative à 15-EX1 ($p < 0.01$) et à 30-EX2 ($p < 0.05$).	Baseline = 0mm 0-EX1 : 75.0 (12.0) mm 15-EX1 : 32.7 (6.2) mm 30-EX1 : 18.3 (7.5) mm 0-EX2 : 80.8 (13.2) mm	Baseline = 0mm 0-EX1 : 72.3 (6.7) mm 15-EX1 : 24.5 (4.5) mm 30-EX1 : 11.0 (5.5) mm 0-EX2 : 75.7 (9.3) mm
Lactate sanguin	Pas de différence significative	Baseline : 2.3mmol/l (0.3) 0-EX1 : 8.0mmol/l (1.6) 15-EX1 : pas précisés! 30-EX1 : 3.3mmol/l (1.4) 0-EX2 : 8.7mmol/l (2.4)	Baseline : 1.9mmol/l (0.7) 0-EX1 : 9.2mmol/l (2.0) 15-EX1 : pas précisés! 30-EX1 : 4.1mmol/l (2.5) 0-EX2 : 9.4mmol/l (3.0)
Discussion			
Description des effets	Une période de repos de 35 min sans massage a suffi pour reproduire la même performance. Le massage de 10 min a amélioré de manière significative la performance durant le second exercice (EX2), même si le lactate sanguin n'était pas revenu à son niveau de base. Cet effet ne peut pas être dû à une amélioration des conditions métaboliques par le massage, mais plutôt à des effets humoraux et ou neuronaux. Le massage améliore les conditions pré-effort (raideur musculaire et fatigue perçue des membres inférieurs). Peut-être en facilitant la reconstitution de la diminution induite par l'exercice de l'activité Ca^{2+} -ATPase dans le reticulum sarcoplasmique que l'on sait retardée par les concentrations élevées d'ADP et H^+ intracellulaires, mais controversé par les résultats de cette étude. Peut-être en lien avec les effets psychophysiologiques du massage (diminution de la concentration en cortisol, augmentation des valeurs de dopamine et sérotonine).		
Commentaires personnels			
<p>Méthodo : Attribution à chaque groupe, méthode inconnue, recrutement inconnu. Les outcomes sont-ils adaptés à l'objectif de l'étude ? (rigidité pour le drainage interstitiel?) Est-ce un biais de ne pas avoir d'échauffement de 3' avant EX2? Pas d'explication sur le choix des temps pour le protocole --> pourquoi slmt 10' de massage? Pourquoi 35' de repos? Du coup les deux conditions incluent du repos (dans lequel il y a 10' de massage). Résultats : P.836 "decreased more rapidly", comment est-ce que ça peut diminuer plus vite si les mesures sont prises à des temps précis!?! Utilisation des mesures parfois louches --> présentation des différences significatives entre avant et après l'effort, ce qui semble logique, mais pas pertinent pour l'étude. Les tableaux illustrent très mal les résultats. Pas de figure pour illustrer la puissance totale. Il manque certains résultats (mesures à 15-EX1 pour le lactate). La différence significative a été fixée à $p < 0.05$ (paragraphe "Analysis", mais en fait le p change à chaque fois. Est-ce un biais? Discussion : Pas d'auto-critique de leur étude. Peu de réflexion sur des recherches futures.</p>			

10.2.7 Robertson (2003)

A Robertson, JM Watt, SDR Galloway (2003). <i>Effects of leg massage on recovery from high intensity cycling exercise</i>	
Titre traduit	Effets du massage des jambes sur la récupération d'un exercice cycliste de haute intensité
Objectif(s)	Examiner les effets du massage des jambes comparé à la récupération passive sur l'élimination du lactate, la puissance musculaire restituée et les caractéristiques de fatigue après un exercice répété de pédalage à haute intensité, avec les conditions pré-intervention bien contrôlées et standardisés.
Conclusion	Aucun effet physiologiques mesurables du massage des jambes comparé à la récupération passive n'a été observé sur la récupération après un exercice de haute intensité, mais l'effet ultérieur ("subsequent") sur la fatigue garantit une investigation plus profonde.
Méthodologie	
Design de l'étude	Croisé randomisé (une semaine d'intervalle)
Outcome(s) principal(aux)	Clearance du lactate, puissance musculaire et fatigue
Outcome(s) secondaire(s)	/
Ethique	Approbation d'un comité d'éthique
Intérêts financiers	Pas précisé
Echantillon	9 sportifs masculins réguliers (rugby, football, uni-hockey) volontaires en bonne santé
Méthode de recrutement	Volontariat
Critères d'inclusion	Pas précisé
Critères d'exclusion	Pas précisé
Caractéristiques	Âge : 20-22 ans
Visite(s) préalable(s)	1
1	Familiarisation avec le protocole et vérification de la capacité des sportifs à effectuer le travail demandé
Protocole d'exercice	
Conditions préalables	Même heure de la journée. Même prise alimentaire (nourriture et liquides) et même intensité et durée d'exercice pendant deux jours avant les visites. Pas d'exercice lourd 24 h avant les visites. Contrôle par questions lors de chaque visite. 15 min de repos assis avant de commencer.
Echauffement	5 min de pédalage à 80 W et 3 min d'étirements statiques (ischio-jambiers, mollet et quadriceps)
Effort à vélo	6 x 30 s d'effort de haute intensité séparés de 30 s de récupération active (40W)
Cyclo-ergomètre des MI	??
Repos après l'effort	Récupération active pendant 5 minutes (80W)
Intervention	20 minutes
Description du massage	Sur une couchette standard. En DV : 5 min pour la face post de la jambe gauche et 5 min pour la face post de la jambe droite. En DD : 5 min pour la face ant de la jambe droite et 5 min pour la face ant de la jambe gauche. 40 ml d'huile minérale conventionnelle neutre (10 ml par zone). 4 effleurages centripètes de grade 1 - 2 de grade 2 - effleurage centripète et multidirectionnel de grade 1 vers grade 2 - pétrissage centripète et centrifuge de grade 1 à grade 2 - pétrissage superficiel en pincement centripète, mains en V de grade 1 à grade 2 - manœuvre en torsion centripète, centrifuge et multidirectionnel de grade 1 - palper-rouler musculaire centripète grade 2 - effleurage centripète grade 2 (protocole et techniques décrits sur Table 1)
Thérapeute	Même physiothérapeute diplômé
Autre(s) intervention(s)	Récupération passive : repos en DD 20 minutes
Conditions de la récupération	Pas précisé
Deuxième effort à vélo	
Echauffement	idem (vélo + stretching)
Effort	Wingate test : 30 s d'effort maximal de haute intensité
Mesures	
Puissance pic et puissance moyenne	Interface PC
Indice de fatigue	Pourcentage de changement de puissance restituée entre les 5 premières secondes et les 5 dernières secondes d'un exercice de 30 s. Interface PC
Lactate sanguin	Echantillons de sang 1) au repos, 2) après les 6 premiers efforts, 3) et 4) à 10 et 20 minutes d'intervention et 5) 3 min après le Wingate test. LM10 Little Champion analyser (Analox Instruments Ltd, London, UK)

Analyse des données								
Tests statistiques utilisés	Analyse de variance par mesures répétées ou univariée ($p < 0.05$)		Valeurs reportées sous forme de moyenne (SEM) dans les graphiques, moyenne (SD) dans les tableaux avec moyenne (95% intervalle de confiance (CI)) et effect size (ES) reportés quand appropriés.					
Résultats								
	Massage	Contrôle	valeur p	différence moyenne (95% CI) entre massage et contrôle	valeur ES	pooled SD	% de changement entre les tests	
Puissance lors de la première période d'exercice								Pas de différence significative entre les six séries ($p = 0.92$) figure 1
Puissance pic corrigée Wingate test (W)	823.8	844.1	$p = 0.75$	(-20.3 (-77.5 à 37.0))	0.16	130.5	2.4	Tableau 3 / Figure 3
Puissance moyenne corrigée Wingate test (W)	711.6	688.4	$p = 0.66$	13.7 (-31.1 à 58.5)	0.22	107.7	3.4	Tableau 3 / Figure 3
Indice de fatigue moyen (95% CI) (%)	30.2 (27.5 à 32.9)	34.2 (32.1 à 36.3)	$p = 0.04$	(-4.0 (-6.6 à -1.4))	0.98	4.1	11.7	Tableau 3 / Figure 3
Lactate sanguin	Pas de différence significative entre les modalités quel que soit le moment ($p = 0.82$)							Figure 2
Discussion								
Description des effets	La différence significative dans le profil de fatigue indique une petite différence dans la performance musculaire en lien avec une puissance pic plus basse non significative et une puissance moyenne plus grande non significative dans l'intervention de massage (peut-être due à la baisse de puissance en début d'effort). Peut-être une meilleure résistance à la fatigue après le massage. Pas d'effet mesurable du massage des jambes sur l'élimination du lactate après des périodes répétées d'effort de haute intensité. Pas de différence dans la concentration de lactate pendant l'intervention précédée par une courte période (5 min) de récupération active. Donc pas de changement dans le flux sanguin musculaire et/ou l'efflux du lactate pendant le massage ou pas d'influence du massage sur l'élimination du lactate de la circulation. Meilleure résistance à la fatigue après le massage.							
Réflexion sur des recherches futures	Pourquoi y a-t-il une meilleure résistance à la fatigue après un massage? Taille et durée de l'effet diminution de la force après un massage ou des étirements.							
Commentaires personnels								
Manque des indications sur l'éthique (consentement et comité d'éthique). Pourquoi les patients font-ils du stretching avant de commencer les tests d'effort? (Pas précisé dans le texte). Volonté des auteurs de présenter une étude très standardisée. Compliance des sujets avec le protocole est précisé. L'indice de fatigue est en fait une différence de performance. Pas de lien avec la sensation subjective de fatigue. Les résultats sont clairement présentés.								

10.3 Annexe 3 : Grille de qualité

Checklist for measuring study quality

Reporting

1. *Is the hypothesis/aim/objective of the study clearly described?*

Yes	1
No	0

2. *Are the main outcomes to be measured clearly described in the Introduction or Methods section?*

If the main outcomes are first mentioned in the Results section, the question should be answered no.

Yes	1
No	0

3. *Are the characteristics of the patients included in the study clearly described?*

In cohort studies and trials, inclusion and/or exclusion criteria should be given. In case-control studies, a case-definition and the source for controls should be given.

Yes	1
No	0

4. *Are the interventions of interest clearly described?*

Treatments and placebo (where relevant) that are to be compared should be clearly described.

Yes	1
No	0

5. *Are the distributions of principal confounders in each group of subjects to be compared clearly described?*

A list of principal confounders is provided.

Yes	2
Partially	1
No	0

6. *Are the main findings of the study clearly described?*

Simple outcome data (including denominators and numerators) should be reported for all major findings so that the reader can check the major analyses and conclusions. (This question does not cover statistical tests which are considered below).

Yes	1
No	0

7. *Does the study provide estimates of the random variability in the data for the main outcomes?*

In non normally distributed data the inter-quartile range of results should be reported. In normally distributed data the standard error, standard deviation or confidence intervals should be reported. If the distribution of the data is not described, it must be assumed that the estimates used were appropriate and the question should be answered yes.

Yes	1
No	0

8. *Have all important adverse events that may be a consequence of the intervention been reported?*

This should be answered yes if the study demonstrates that there was a comprehensive attempt to measure adverse events. (A list of possible adverse events is provided).

Yes	1
No	0

9. *Have the characteristics of patients lost to follow-up been described?*

This should be answered yes where there were no losses to follow-up or where losses to follow-up were so small that findings would be unaffected by their inclusion. This should be answered no where a study does not report the number of patients lost to follow-up.

Yes	1
No	0

10. *Have actual probability values been reported (e.g. 0.035 rather than <0.05) for the main outcomes except where the probability value is less than 0.001?*

Yes	1
No	0

External validity

All the following criteria attempt to address the representativeness of the findings of the study and whether they may be generalised to the population from which the study subjects were derived.

11. Were the subjects asked to participate in the study representative of the entire population from which they were recruited?

The study must identify the source population for patients and describe how the patients were selected. Patients would be representative if they comprised the entire source population, an unselected sample of consecutive patients, or a random sample. Random sampling is only feasible where a list of all members of the relevant population exists. Where a study does not report the proportion of the source population from which the patients are derived, the question should be answered as unable to determine.

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

12. Were those subjects who were prepared to participate representative of the entire population from which they were recruited?

The proportion of those asked who agreed should be stated. Validation that the sample was representative would include demonstrating that the distribution of the main confounding factors was the same in the study sample and the source population.

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

13. *Were the staff, places, and facilities where the patients were treated, representative of the treatment the majority of patients receive?*

For the question to be answered yes the study should demonstrate that the intervention was representative of that in use in the source population. The question should be answered no if, for example, the intervention was undertaken in a specialist centre unrepresentative of the hospitals most of the source population would attend.

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

14. *Was an attempt made to blind study subjects to the intervention they have received?*

For studies where the patients would have no way of knowing which intervention they received, this should be answered yes.

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

15. *Was an attempt made to blind those measuring the main outcomes of the intervention?*

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

16. *If any of the results of the study were based on “data dredging”, was this made clear?*

Any analyses that had not been planned at the outset of the study should be clearly indicated. If no retrospective unplanned subgroup analyses were reported, then answer yes.

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

17. *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?*

Where follow-up was the same for all study patients the answer should yes. If different lengths of follow-up were

adjusted for by, for example, survival analysis the answer should be yes. Studies where differences in follow-up are ignored should be answered no.

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

18. *Were the statistical tests used to assess the main outcomes appropriate?*

The statistical techniques used must be appropriate to the data. For example non-parametric methods should be used for small sample sizes. Where little statistical analysis has been undertaken but where there is no evidence of bias, the question should be answered yes. If the distribution of the data (normal or not) is not described it must be assumed that the estimates used were appropriate and the question should be answered yes.

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

Internal validity - bias

19. *Was compliance with the intervention/s reliable?*

Where there was non compliance with the allocated treatment or where there was contamination of one group, the question should be answered no. For studies where the effect of any misclassification was likely to bias any association to the null, the question should be answered yes.

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

20. *Were the main outcome measures used accurate (valid and reliable)?*

For studies where the outcome measures are clearly described, the question should be answered yes. For studies which refer to other work or that demonstrates the outcome measures are accurate, the question should be answered as yes.

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

Internal validity - confounding (selection bias)

21 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?

For example, patients for all comparison groups should be selected from the same hospital. The question should be answered unable to determine for cohort and case-control studies where there is no information concerning the source of patients included in the study.

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

22. Were study subjects in different intervention groups (trials and cohort studies) or were the cases and controls (case-control studies) recruited over the same period of time?

For a study which does not specify the time period over which patients were recruited, the question should be answered as unable to determine. All non-randomised studies should be answered no. If assignment was

concealed from patients but not from staff, it should be answered no.

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

23. Were study subjects randomised to intervention groups?

Studies which state that subjects were randomised should be answered yes except where method of randomisation would not ensure random allocation. For example alternate allocation would score no because it is predictable.

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

24. Was the randomised intervention assignment concealed from both patients and health care staff until recruitment was complete and irrevocable?

Yes	1
No	0

25. *Was there adequate adjustment for confounding in the analyses from which the main findings were drawn?*

This question should be answered no for trials if: the main conclusions of the study were based on analyses of treatment rather than intention to treat; the distribution of known confounders in the different treatment groups was not described; or the distribution of known confounders differed between the treatment groups but was not taken into account in the analyses. In non-randomised studies if the effect of the main confounders was not investigated or confounding was demonstrated but no adjustment was made in the final analyses the question should be answered as no.

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

26. *Were losses of patients to follow-up taken into account?*

If the numbers of patients lost to follow-up are not reported, the question should be answered as unable to determine. If the proportion lost to follow-up was too small to affect the main findings, the question should be answered yes.

Yes	1
No	0
Unable to determine	0

Power

27. *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%?*

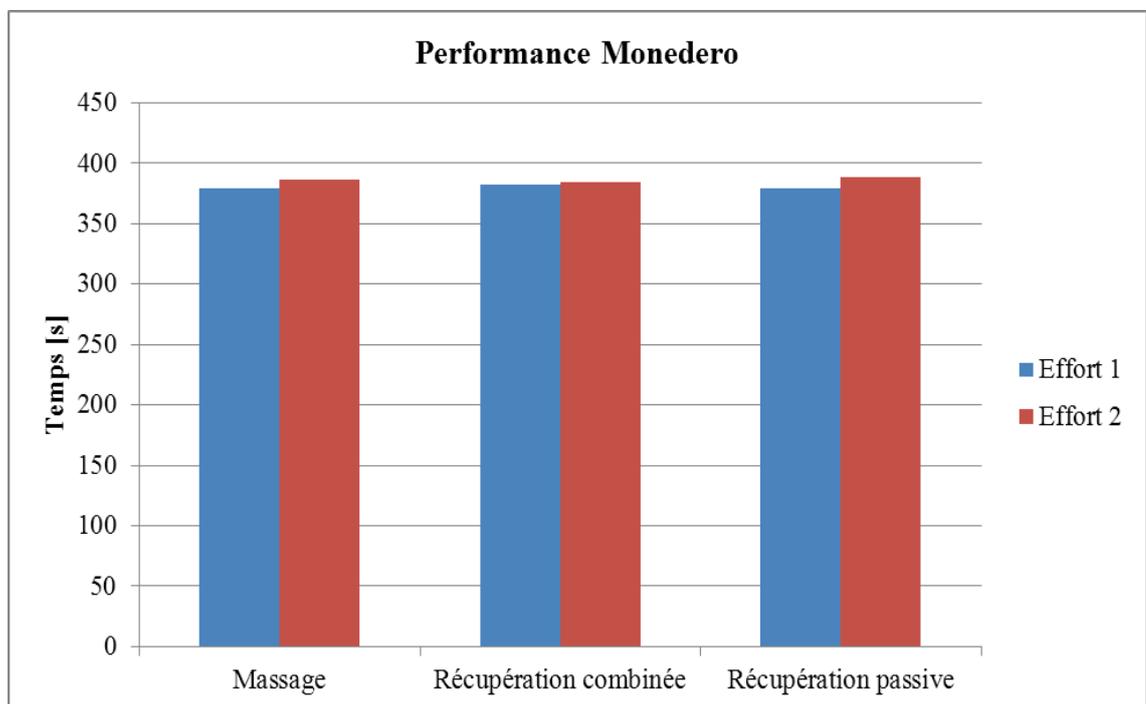
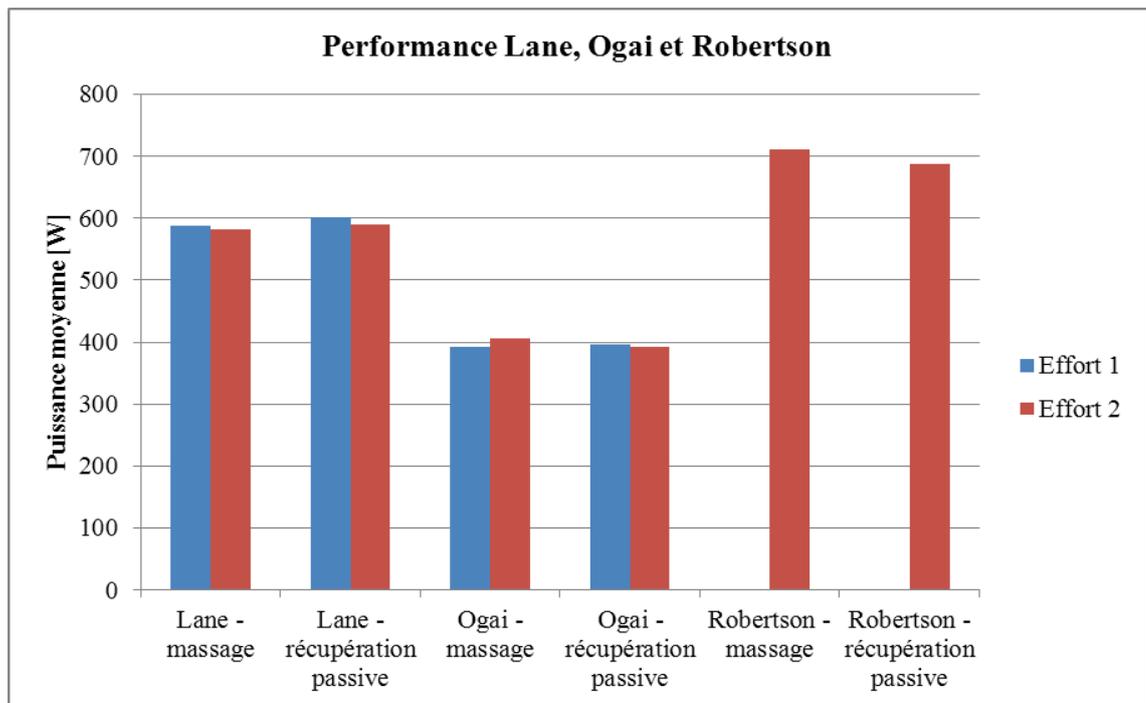
Sample sizes have been calculated to detect a difference of x% and y%. Size of smallest intervention group

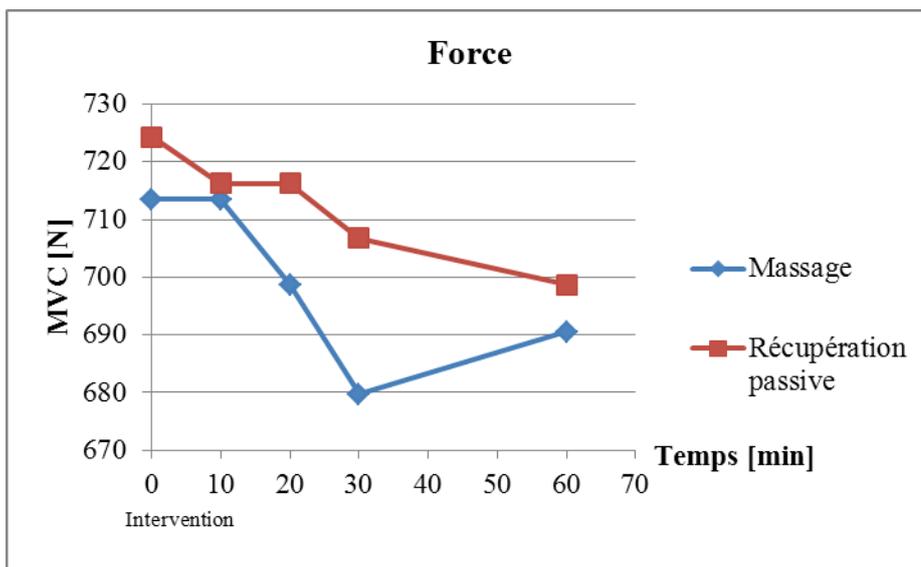
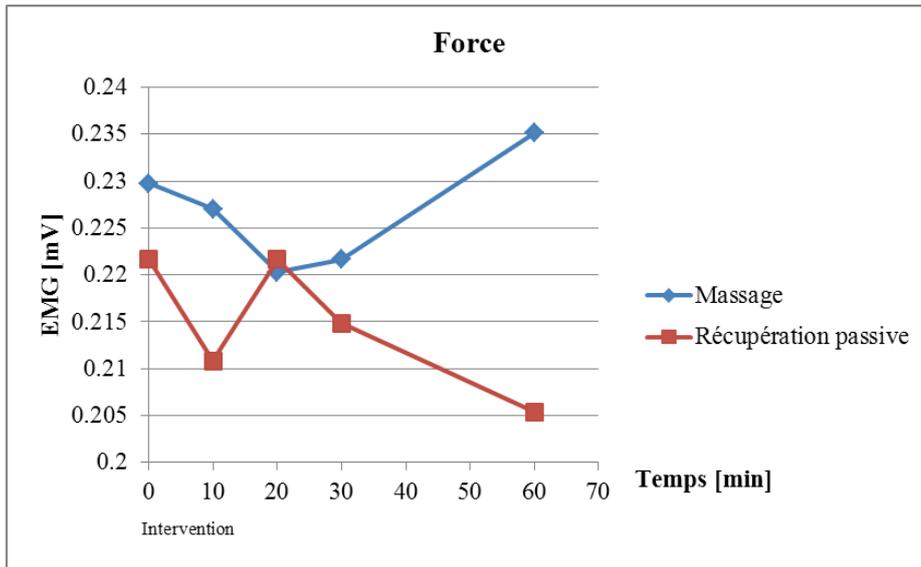
A	<n1	0
B	n1–n2	1
C	n3–n4	2
D	n5–n6	3
E	n7–n8	4
F	n8+	5

10.4 Annexe 4 : Graphiques

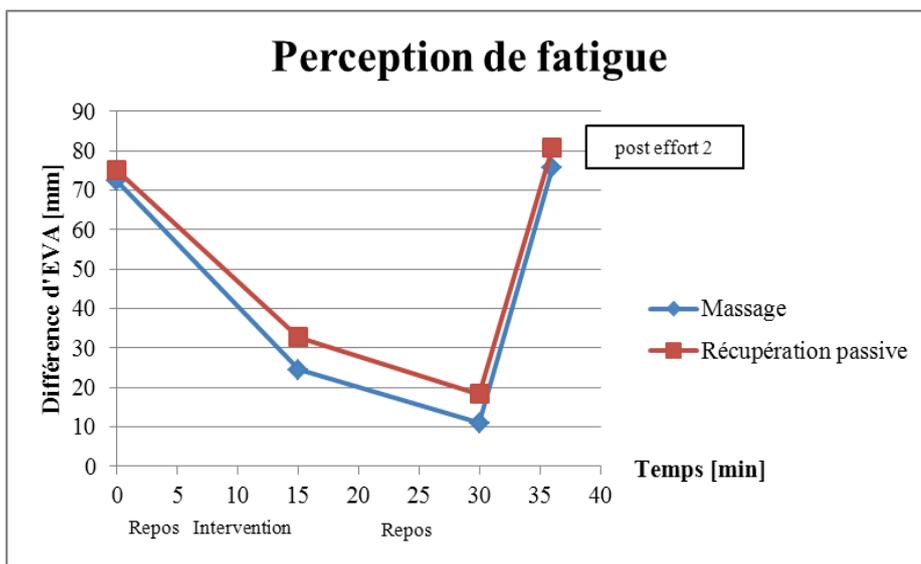
Ces graphiques donnent la possibilité de visualiser les résultats des études incluses dans notre revue de littérature. Il faut toutefois noter que certaines données ont dû être mesurées directement sur les graphiques des articles, car les auteurs n'avaient pas publié tous leurs résultats sous forme de chiffres. Il y a donc une marge d'erreur liée à la précision de la mesure à considérer.

10.4.1 Performance

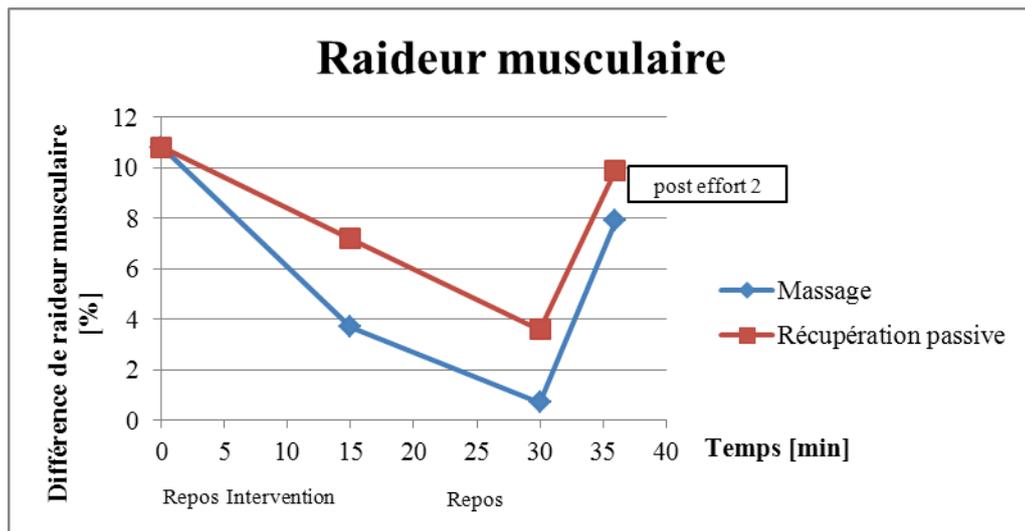




10.4.2 Perception de fatigue



10.4.3 Raideur musculaire



10.4.4 Lactate sanguin

