Comparaison de la cryothérapie corps entier et de l'immersion en eau froide dans la prise en charge des douleurs musculaires d'apparition retardée

Charlotte Brozin

▶ **To cite this version:**

Charlotte Brozin. Comparaison de la cryothérapie corps entier et de l'immersion en eau froide dans la prise en charge des douleurs musculaires d'apparition retardée. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-03079605

HAL Id: dumas-03079605

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03079605

Submitted on 17 Dec 2020

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

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

AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION
FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE

COMPARAISON DE LA CRYOTHÉRAPIE CORPS ENTIER ET DE L'IMMERSION EN EAU FROIDE DANS LA PRISE EN CHARGE DES DOULEURS MUSCULAIRES D'APPARITION RETARDÉE

BROZIN Charlotte

Directeur de mémoire : M. BLACHÈRE

D.E.M.K Marseille 2020 **N°28**

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier mon directeur de mémoire, M. Blachère Adrien, pour son écoute et son aide, durant ma dernière année d'étude, pour la réalisation de cette revue de littérature.

Je remercie les cabinets libéraux MDS Paradis et Cryo-kiné à Marseille et leurs équipes de m'avoir permis d'essayer ces deux techniques de cryothérapie durant mes stages de troisième année et aussi de m'avoir donné envie de m'intéresser plus en profondeur à leur effet.

Je remercie également ma famille et mes amis pour leur soutien durant cette année.

Glossaire

CCE = cryothérapie corps entier

IEF = immersion en eau froide

PAS = récupération passive (repos assis)

PL = placebo

DOMS = douleurs musculaires d'apparition retardée

min= minutes

h = heures

IC à 90% ou 95% = intervalle de confiance à 90% ou à 95%

Sommaire

1. Introduction 1
1.1 Contexte : Les sportifs et les enjeux de la récupération 1
1.2 Rappels anatomiques sur le muscle strié squelettique 2
1.3 La douleur et ses échelles 4
1.4 Les courbatures 4
1.4.1 Signes cliniques 4
1.4.2 Physiopathologie 5
1.4.3 Traitement 8
1.5 La cryothérapie 8
1.5.1 Les effets du froid 8
1.5.2 Les différents modes d'application 9
1.5.3 Indications 12
1.5.4 Contre-indications 12
1.6 Hypothèse théorique 12
1.7 Importance de la revue 12
1.8 Objectifs de la revue 13
2. Méthode 13
2.1 Critères d'éligibilité des études pour cette revue 13
2.1.1 Types d'études 13
2.1.2 Population 14
2.1.3 Intervention 14
2.1.4 Comparateur 14
2.1.5 Outcome(s) ou critère(s) de jugement 15
2.2 Méthodologie de recherche des études 15
2.3 Méthode d'extraction et d'analyse des données 16
2.3.1 Méthode de sélection des études 16
2.3.2 Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées 16
2.3.3 Extraction des données 18
2.3.4 Méthode de synthèse des résultats 18
3. Résultats 18
3.1 Description des études 18
3.1.1 Processus de sélection des études 18
3.1.2 Etudes exclues 20
3.1.3 Etudes incluses 20
3.2 Risques de biais des études incluses 24

3.2.1 Grille PEDro 24
3.2.2 Synthèse des biais retrouvés 24
3.3 Effets de l'intervention 26
3.3.1 Cryothérapie corps entier et immersion en froide 26
3.3.2 Cryothérapie corps entier 26
3.3.3 Immersion en eau froide 27
4. Discussion 32
4.1 Analyse des principaux résultats 32
4.1.1 Cryothérapie corps entier 32
4.1.2 Immersion en eau froide 33
4.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique 35
4.3 Qualité des preuves 35
4.4 Biais potentiels de la revue 36
5. Conclusion 36
Bibliographie 37
Annexes 42

1. Introduction

1.1 Contexte : Les sportifs et les enjeux de la récupération

Les athlètes traversent des périodes d'entraînement intensives ainsi que des phases de compétition qui peuvent durer plusieurs semaines. Il est important pour ces athlètes de maintenir leur performance pendant de longues périodes malgré le stress physique élevé auquel ils sont soumis [1].

Lorsque la fréquence des entraînements est élevée, la faible durée entre deux séances d'entraînement pourrait ne pas suffire afin d'atteindre la récupération totale. La récupération correspond à la restauration des processus physiologiques et psychologiques permettant aux athlètes de potentiellement retourner à leur état et à leur niveau de performance pré-fatigue [2]. C'est le retour à l'homéostasie des différents systèmes physiologiques à la suite des changements métaboliques et inflammatoires qui découlent des dommages musculaires induits par les exercices [3].

La récupération est un sujet important dans le milieu sportif [4]. En effet, l'optimisation de la récupération est essentielle afin de réduire les douleurs musculaires et la sensation de fatigue, de maintenir la performance et de réduire le risque de blessures [5].

Les douleurs musculaires survenant à la suite d'un exercice, peuvent être immédiates ou retardée [6]. Les douleurs musculaires d'apparition retardée sont également appelées « courbatures » et apparaissent dans un délai de 12 à 48 heures après une activité physique comprenant un travail musculaire inhabituel et/ou intense, et plus particulièrement en cas de travail excentrique. « Les microlésions musculaires résultant de ce travail excentrique serait l'événement initial dont la résorption s'accompagne d'un processus inflammatoire qui entrainerait des douleurs diffuses et retardées » [7]. Il s'agit d'une des formes les plus courantes et récurrentes de blessure chez le sportif, qu'il soit amateur ou de haut niveau [5,8,9]. Cette revue va donc s'intéresser à la réduction des courbatures.

Au fil des années, la cryothérapie a gagné en popularité comme moyen d'améliorer la récupération après un exercice intense [10,11]. Cet outil est connu pour ses actions antalgique et anti-inflammatoire et plusieurs mécanismes bénéfiques ont été suggérés concernant son application après l'exercice [1].

L'immersion en eau froide (IEF) est la technique de cryothérapie à visée de récupération la plus fréquemment utilisée [12]. La cryothérapie corps entier (CCE), qui est une technique plus récente utilisant des températures très nettement inférieures, représente une alternative. Il serait donc intéressant de les comparer dans le cadre de la réduction des courbatures.

Nous allons faire de brefs rappels anatomiques sur le muscle strié squelettique puis définir la douleur et présenter les échelles permettant de l'objectiver. Enfin nous décrirons les courbatures et leurs mécanismes ainsi que les techniques de cryothérapie choisies dans cette revue.

1.2 Rappels anatomiques sur le muscle strié squelettique [13]

Le muscle strié squelettique est le muscle qui, par l'intermédiaire du tendon, se fixe au squelette et permet le mouvement de celui-ci grâce à sa fonction essentielle de contraction. Il s'agit d'un muscle à contraction volontaire. Il est composé en majeure partie de centaines voire de milliers de fibres musculaires. Il renferme également des vaisseaux sanguins, des neurofibres et une grande quantité de tissu conjonctif.

Les fibres musculaires :

Le muscle strié squelettique (cf. figure 2) est composé de **fibres musculaires**. Chaque fibre correspond à une longue cellule musculaire (ou myocyte) cylindrique pouvant atteindre jusqu'à 30 centimètres et dont le diamètre se situe entre 10 et 100 nanomètres. Les fibres sont regroupées en **faisceaux**. La fibre est elle-même composée de **myofibrilles** adjacentes. Et les myofibrilles quant à elles sont constituées d'unités de base contractiles, les **sarcomères**, au sein desquels on retrouve des **myofilaments** protéiques qui confèrent au muscle sa capacité de contraction.

Le sarcomère (cf. figure 1) est donc une petite portion de la myofibrille, comprise entre deux lignes (ou stries) Z successives. Il est responsable de la striation transversale observée en microscopie optique en coupe longitudinale, d'où le nom de muscle strié. Cela est dû à la présence de deux types de myofilaments, les **filaments fins d'actine** et les **filaments épais de myosine**. C'est le phénomène de traction de l'actine sur la myosine qui provoque la contraction musculaire.

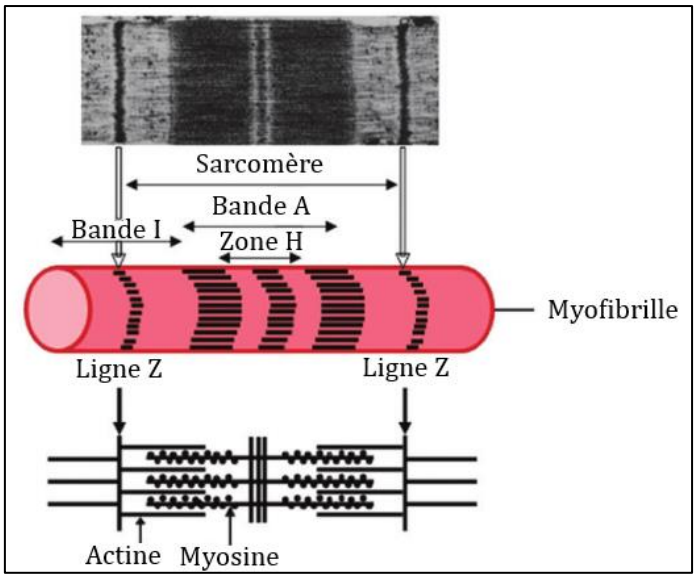

Figure 1. Sarcomère observé en microscopie électronique (en haut) et schématisé (en bas)

Le tissu conjonctif de soutien :

Il a un rôle important car il assure la cohésion des fibres musculaires et contient les structures vasculaires et nerveuses.

Il forme plusieurs enveloppes :

- L'**épimysium** entoure l'ensemble du muscle
- Le **périmysium** entoure chaque faisceau de fibres
- L'**endomysium** entoure chaque fibre

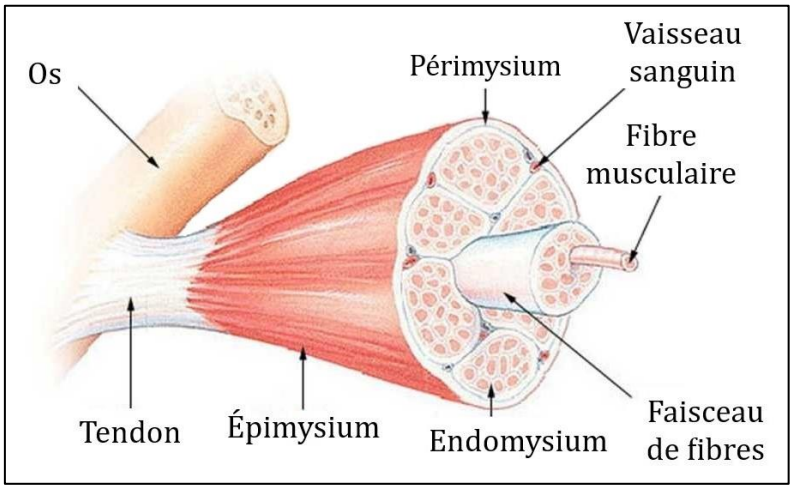

Figure 2. Structure du muscle strié squelettique

Différents types de fibre :

Les fibres musculaires peuvent être divisées en trois types (I, IIa et IIb) [14] :

- Les fibres de type I (lentes) : Leur vitesse de contraction est **lente.** Elles fonctionnent sur un mode **aérobie** et possèdent un **métabolisme oxydatif**. Elles contiennent de nombreuses mitochondries, elles sont très vascularisées et riches en myoglobine (permet le transport en oxygène). Elles sont de couleur rouge en raison de la grande concentration de myoglobine. Elles sont **résistantes à la fatigue** et autorisent des contractions musculaires prolongées, on parle d'activité **tonique**. Elles produisent une petite quantité d'énergie lorsqu'elles sont contractées.

- Les fibres de type IIb : Leur vitesse de contraction est **très rapide**. Elles fonctionnent sur un mode **anaérobie** et possèdent un métabolisme **glycolytique**. Elles sont peu vascularisées et elles contiennent peu de mitochondries. Elles sont **peu résistantes à la fatigue**. Elles produisent une grande quantité d'énergie lorsqu'elles se contractent.

- Les fibres de type IIa (rapides) : Ce type de fibre est un intermédiaire entre le type I et le type IIb. Leur vitesse de contraction est **relativement rapide,** plus rapide que le type I mais moins que le type IIb. Elles fonctionnent sur un mode **anaérobie** et elles possèdent un **métabolisme oxy-glycolytique**. Elles contiennent de nombreuses mitochondries mais moins que le type I. Elles sont de couleur rose car elles ont une concentration intermédiaire de myoglobine. Elles sont **relativement résistantes à la fatigue** mais pas autant que les fibres de type I. Elles sont capables de produire un mouvement explosif et puissant sur une courte période, on parle d'activité **phasique**.

Le muscle strié, selon sa fonction, possédera une prédominance de fibres lentes ou de fibres rapides.

1.3 La douleur et ses échelles

Selon l'Association internationale pour l'étude de la douleur (IASP), « la douleur est une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable**,** associée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle, ou décrite dans ces termes ».

La douleur reposant donc avant tout sur le ressenti du patient, cela la rend difficile à quantifier et à qualifier. Pour l'adulte on utilisera des échelles d'auto-évaluation.

Les échelles validées par la Haute Autorité de Santé [15] pour mesurer la douleur sont :

- Échelle visuelle analogique (EVA) : Elle va couramment de 0 à 10 (en centimètres) ou de 0 à 100 (en millimètres).
- Échelle numérique (EN) : Elle va couramment de 0 à 10 (en centimètres) ou de 0 à 100 (en millimètres).
- Échelle verbale simple (EVS) : Elle va de 0 à 4 avec 0 = douleur absente ; 1 = douleur faible ; 2 = douleur modérée ; 3 = douleur intense ; 4 = douleur extrêmement intense.

1.4 Les courbatures

Les courbatures, également appelées douleurs musculaires d'apparition retardée (DOMS) sont fréquentes en pratique sportive, dans le milieu professionnel et amateur.

La classification de Rodineau et Durey [16] est une classification histologique des lésions musculaires qui couvre tous les stades lésionnels, des DOMS (grade 0) à la déchirure complète (grade 4). Les DOMS correspondent au stade 0, c'est-à-dire à une « atteinte réversible de la fibre musculaire » mais n'occasionnant « pas d'atteinte du tissu conjonctif de soutien ». Brasseur a proposé une corrélation échographique [16] à la classification de Durey et Rodineau, l'apparence échographique des DOMS correspondant à un « aspect hyperéchogène global de la loge musculaire ».

Ce sont des lésions musculaires intrinsèques réversibles et même si les manifestations physiologiques sont désagréables, elles ne présentent aucun caractère de gravité et favorisent même à moyen terme l'augmentation de la force musculaire [17].

1.4.1 Signes cliniques

1.4.1.1 Interrogatoire

En cas de courbatures nous n'avons pas de notion de douleur brutale au cours de l'effort [7].

Les douleurs musculaires surviennent dans un délai de 12 à 48 heures après une activité physique comprenant un travail musculaire inhabituel et/ou intense, et plus particulièrement en cas de travail excentrique. L'évolution se fait sur 2 à 5 jours, le pic étant généralement entre 48 et 72 heures [18].

Les courbatures sont fréquentes chez les athlètes [5] notamment au début de la saison sportive, lorsqu'ils reprennent l'entrainement après une période d'activité réduite, mais aussi lorsqu'on les initie à certains types d'activité qu'importe la période de l'année. Ceci peut s'appliquer également au sportif amateur en cas de reprise d'une activité sportive, de l'intensification ou la modification du type d'entraînement ou d'une pratique irrégulière. Et en tant que kinésithérapeute, les patients que nous avons en rééducation peuvent également être amené à faire des efforts inhabituels occasionnant des courbatures.

Cependant les courbatures vont s'atténuer avec l'entrainement grâce au « repeated-bout effect (RBE) » ou effet répété [19,20]. En effet, les muscles squelettiques font preuve d'une capacité d'adaptation lors d'exercices excentriques répétés. Le but étant de protéger le muscle contre les dommages musculaires induits par l'exercice (EIMD) et ainsi des douleurs musculaires qui lui sont associées. On a constaté que l'effet protecteur d'une séance d'exercice excentrique s'est avéré durer pendant plusieurs semaines [6]. L'adaptation qui fait suite à un premier exercice se traduit par de très nettes atténuations des différents indicateurs de dommages musculaires. On observe ainsi moins de baisse de force, de douleurs, de gonflement et un moindre effet sur la réduction des amplitudes articulaires [7].

1.4.1.2 Examen clinique

Les symptômes peuvent aller de la simple sensibilité musculaire à une douleur sévère et invalidante [5].

Cliniquement ce sont des douleurs diffuses ressenties à la palpation, lors de la contraction ou à l'étirement du ou des muscles lésés [7]. Le thérapeute peut palper une zone locale ou même globale ayant un tonus musculaire accru, c'est-à-dire hypertonique [18].

D'après Coudreuse [7], les courbatures s'accompagnent des diminutions de la performance physique, de la force musculaire, des amplitudes articulaires et des qualités proprioceptives. Elles durent en général plus longtemps que la sensation douloureuse (2 à 10 jours de plus), c'est donc une période favorable à la survenue de blessures.

1.4.2 Physiopathologie

Plusieurs théories ont été proposées [8] afin d'expliquer les mécanismes à l'origine des courbatures comme l'accumulation d'acide lactique, le spasme musculaire, les microlésions du tissu conjonctif et du muscle, l'inflammation ou encore la fuite d'électrolytes et enzymes.

Même si ces théories sont présentées indépendamment les unes des autres, le consensus actuel dit qu'une seule théorie est insuffisante afin d'expliquer le processus, ce serait plutôt une combinaison [8]. La douleur semblerait provenir de l'inflammation secondaire aux dommages musculaires causés par l'exercice excentrique [7].

1.4.2.1 Courbatures et acide lactique

Très souvent, les courbatures sont associées à une accumulation d'acide lactique dans le muscle. Il semble donc important de faire un point sur cette théorie.

Tout d'abord, il est plus exact de parler de lactate que d'acide lactique car comme le signale Cazorla [21], au pH intra-musculaire, l'acide lactique est entièrement dissocié en lactate.

L'accumulation de lactate lors d'une activité sportive pourrait contribuer à la douleur musculaire et à la fatigue associée ressenties immédiatement à la suite d'un exercice intense et/ou inhabituel [5,7]. Mais Coudreuse [7] précise bien que, le taux de lactate retourne à son taux pré-exercice en deux heures environ après l'arrêt de l'exercice avec une récupération passive, et en seulement vingt minutes avec une récupération active.

De plus, elle précise que la production d'acide lactique et donc de lactate est plus importante en concentrique et en isométrique qu'en excentrique, alors que les courbatures apparaissent principalement après un travail excentrique.

Cheung et Cazorla [5,21] mettent en avant qu'il n'existe pas de lien entre le taux de lactate et les courbatures. Ils concluent que contrairement aux idées reçues l'acide lactique ne contribuerait donc pas à la douleur retardée apparaissant 24 à 48 heures après l'exercice. Cette théorie a donc été largement rejetée.

1.4.2.2 Les lésions des tissus musculaire et conjonctif

Hody [19] explique que les contractions musculaires excentriques font partie intégrante de la plupart des mouvements effectués lors d'activités quotidiennes ou sportives. Les muscles squelettiques se contractent de manière excentrique pour soutenir le poids du corps contre la gravité et pour absorber les chocs ou pour stocker l'énergie de recul élastique en préparation des contractions concentriques (ou accélérées). Le rôle de ralentissement de ces contractions est classiquement illustré par la course en descente ou la marche dans les escaliers au cours de laquelle le travail excentrique des muscles extenseurs du genou est accentué.

Le stress mécanique associé au travail excentrique entrainerait des microlésions musculaires localisées avec altérations structurelles et fonctionnelles [19].

Lors du travail excentrique, le muscle freine son propre allongement, il résiste à une force externe supérieure à celle des unités motrices engagées. En effet ce mode de contraction associe une force importante à une réduction du nombre d'unités contractiles actives, ce qui augmente la tension par unité de surface [5].

Ces microlésions se traduisent par une désorganisation de certains sarcomères et plus précisément des stries Z, avec des possibles lésions associées du sarcolemme, des tubules transverses et du réticulum sarcoplasmique [5,19].

Hody [19] précise que les études humaines et animales ont montré que les fibres musculaires de type II, et en particulier les fibres de type IIb, sont plus endommagées après un exercice excentrique que les fibres de type I. Coudreuse [7] explique que leurs stries Z sont plus étroites et plus faibles et leur matrice extracellulaire est moins développée que les fibres de type I. De plus, ces fibres sont fatigables, certains sarcomères peuvent alors rester en état de contraction prolongé, provoquant une hétérogénéité dans la résistance à l'étirement.

Cheung [5] explique également que la composition du tissu conjonctif diffère entre les différents types de fibres. Les fibres de type II ont une structure moins robuste que les fibres de type I. Les fibres de type II seraient donc là aussi plus susceptibles de subir des lésions à la suite d'un travail excentrique. Et une contrainte excessive sur le tissu conjonctif pourrait entrainer par la suite des douleurs musculaires.

Coudreuse [7] conclue que les dommages musculaires ne peuvent être directement responsables des courbatures puisqu'ils surviennent pendant l'effort et que les douleurs n'apparaissent que 12 à 48 heures après l'effort. Cependant, elle précise que ces lésions seraient les prodromes de dommages musculaires plus étendus, associés au mécanisme d'inflammation, qui se met en place suite à la lésion et qui est nécessaire à leur résorption.

1.4.2.3 L'inflammation secondaire

Comme décrit par Coudreuse [7], le processus inflammatoire qui suit un travail excentrique se décompose en 3 stades :

1) Le stade autogénique : Durant les trois premières heures après l'exercice, débute l'auto-dégradation des structures membranaires endommagées [7].

2) Le stade phagocytaire : Cheung [5] explique que cette dégradation rapide, en plus de l'accumulation de certains médiateurs de l'inflammation (bradykinine, histamine, prostaglandines), attire les neutrophiles et les monocytes vers le site de la blessure. Les neutrophiles et les monocytes, qui se transforment en macrophages, vont phagocyter les déchets. Il s'ensuit un afflux de liquide plasmatique riche en protéines (exsudat) dans le muscle grâce à la perméabilité accrue des petits vaisseaux sanguins à la suite d'un exercice excentrique [5], ce qui entraîne la formation d'un œdème interstitiel et ainsi l'augmentation de la pression interne du muscle. La température interne du muscle augmente également de par l'ampleur des réactions de catabolisme et anabolisme [7].

   Selon Coudreuse [7], les modifications chimiques, thermiques et mécaniques se produisant à ce stade pourraient expliquer en grande partie la sensation de douleur diffuse. En effet, d'après elle l'augmentation des pression et température internes du muscle, ainsi que la synthèse de bradykinine, prostaglandines et histamine [5], semblent accroître la décharge spontanée des nocicepteurs appartenant au groupe des afférences de type III et IV issues de terminaisons nerveuses libres qui se situent dans l'ensemble des tissus musculaires et conjonctifs. Elle précise que les terminaisons libres sont effectivement sensibles aux variations mécaniques (tension interne), chimiques et thermiques qui accompagnent l'évolution du processus inflammatoire.

   Elle ajoute que ces terminaisons nerveuses libres libéreraient des neuropeptides qui entraîneraient une cascade d'événements amplifiant la réponse inflammatoire et « auto-entretenant » l'activation de ces mêmes terminaisons nerveuses.

   Donc d'après Coudreuse, certaines terminaisons qui étaient jusqu'alors silencieuses pourraient être alors sensibilisées, entrainant une augmentation de la réponse nociceptive globale, ce qui contribuerait ainsi au phénomène d'hyperalgie fréquemment ressenti.

Pour terminer, elle précise que les nocicepteurs de type III induiraient plutôt une douleur aiguë et localisée, alors que ceux de type IV conduiraient à une douleur sourde et diffuse. Elle conclue que ce serait donc plutôt les fibres nerveuses de type III qui seraient les principaux responsables des courbatures.

3) Le stade de régénération : Il débute quatre à six jours après la lésion initiale. Selon la gravité des dommages, cette phase de régénération pourrait persister une à plusieurs semaines [7].

1.4.3 Traitement

Plusieurs stratégies de traitement ont été introduites, sans pour autant qu'elles soient validées, afin d'aider à atténuer les symptômes des courbatures, de rétablir la fonction maximale des muscles aussi rapidement que possible et/ou de réduire l'ampleur de la lésion initiale [5]. Ces stratégies de traitement sont administrées comme mesure préventive et/ou comme mesure curative.

On retrouve notamment [4][5][7] : le massage, les étirements, la cryothérapie, la thermothérapie, l'électrothérapie, les vibrations, les ultrasons, la compression, l'oxygénothérapie hyperbare, les anti-inflammatoires non stéroïdiens , la récupération active (comme l'exercice continu de basse intensité), l'auto-relâchement myofascial avec un rouleau de massage, l'homéopathie ou la nutrition.

Dans cette revue nous allons nous intéresser à la cryothérapie et plus précisément à deux techniques, la cryothérapie corps entier et l'immersion en eau froide.

1.5 La cryothérapie

La cryothérapie ou « thérapie par le froid » est une technique ancestrale. Son origine remonte à l'époque de l'antiquité où le médecin Hippocrate (460-377 avant J.-C.) a souligné l'utilisation de la glace et de la neige comme antalgique et anti-inflammatoire.

Aujourd'hui, elle est populaire dans le milieu sportif où elle est utilisée notamment dans le but d'améliorer la récupération après un exercice physique intense [10,11].

1.5.1 Les effets du froid

Plusieurs mécanismes bénéfiques possibles de l'application de froid après l'exercice ont été suggérés [1] dont :

- La diminution de la température du muscle
- La diminution des dommages musculaires
- La diminution de l'inflammation post-exercice
- La diminution de la fréquence et du débit cardiaques
- La vasoconstriction périphérique
- La diminution de la formation d'œdème périphérique
- Les effets antalgiques

Cependant les mécanismes physiologiques ne sont toujours pas clairs.

Le froid entraine une **diminution de la température** des tissus telle que la peau. Le corps répond au froid en **réduisant la fréquence et le débit cardiaques** et en entraînant une **vasoconstriction périhpérique** [12]. En fait, la baisse de la température stimulerait les récepteurs cutanés sensibles au froid qui exciteraient par la suite les fibres sympathiques adrénergiques entrainant la contraction des muscles lisses et donc la constriction locale des artérioles et veinules [5]. Cette réponse réduit le flux sanguin périphérique afin de conserver la température centrale du corps.

De plus, le métabolisme central s'élève pour maintenir la température centrale ce qui augmente la consommation en oxygène, la production des déchets et affaiblie les réserves d'énergie [12].

En dessous d'une température d'environ 10 à 15°C, le processus de vasoconstriction cité précédemment est remplacé par le processus de **vasodilatation** afin de **protéger les tissus** [22]. Cependant ce refroidissement n'atteint pas les tissus profonds, donc le phénomène de vasodilatation ne touche que la peau ainsi que les petites articulations des doigts et des orteils.

Le froid participe également à la **réduction de l'œdème** en augmentant la vasoconstriction et en diminuant le métabolisme périphérique, ce qui pourrait **réduire secondairement la mort cellulaire due aux dommages musculaires** [12]**.**

L'**effet antalgique** du froid quant à lui est probablement dû au **ralentissement de la vitesse de conduction nerveuse** [12]. Le froid pourrait également diminuer l'activité des nocicepteurs ce qui diminuerait la perception de la douleur. Le choc thermique créé par le froid pourrait aussi augmenter la production d'endorphines inhibitrices de la douleur.

La diminution de la perméabilité cellulaire, lymphatique et des capillaires due à la vasoconstriction réduit la diffusion des fluides vers l'espace interstitiel. La réduction de la diffusion des fluides et la réduction du métabolisme cellulaire diminuerait la sécrétion des médiateurs de l'activité inflammatoire et **permettrait d'atténuer l'inflammation secondaire aux dommages musculaires** [9,12][9]**.**

1.5.2 Les différents modes d'application

La cryothérapie peut être administrée de plusieurs manières différentes, localement ou de façon plus générale.

1.5.2.1 Application locale

Dans le milieu sportif, il existe des moyens simples d'application locale du froid. On pourra retrouver notamment un simple cube de glace enroulé dans un linge, la vessie de glace ou la poche de froid, le gel cryogène ou encore le spray ou la bombe de froid.

Il existe aussi des manchons qui allient le froid et la compression, ou encore des appareils de cryothérapie gazeuse hyperbare ou à air pulsé notamment.

En cas de blessure, ces modes d'application semblent intéressants notamment afin de mettre en œuvre rapidement le protocole « PEACE & LOVE » [23]. Le PEACE (Protection, Elévation, Anti-inflammatoire à éviter, Bandage Compressif, Education) rassemble des pratiques thérapeutiques à utiliser à court terme. Au cours de la phase de rééducation, les pratiques thérapeutiques LOVE (Load, Optimiste, Vascularisation, Exercices) sont à adopter.

Mais dans le cadre de l'optimisation de la récupération, il semble plus approprié d'utiliser des techniques qui permettent de traiter le corps de façon plus générale comme l'immersion en eau froide ou la cryothérapie corps entier.

1.5.2.2 Immersion en eau froide (IEF)

L'immersion en eau froide est une technique communément utilisée par les sportifs [24]. Elle fait partie de ce que l'on appelle l'hydrothérapie. Elle consiste à immerger une partie (souvent les membres inférieurs) ou la totalité du corps (exceptée la tête) dans un bain d'eau froide.

La température est généralement comprise entre 4 et 15 °C. Elle est définie comme étant inférieure à 15°C [10], cependant il n'existe pas de gold standard en termes de profondeur d'immersion, de température de l'eau et de durée d'immersion. En se basant sur la littérature, Halson [25] a suggéré que l'immersion de la totalité du corps devrait durer entre 10 et 20 minutes à une température allant de 10 à 15 °C dans le cas d'une immersion unique.

Certaines études [26–29] utilisent des immersions répétées ou intermittentes.

Les effets de l'immersion en eau froide sur la récupération reposent sur deux principes, la pression hydrostatique et la température de l'eau [12].

- La pression hydrostatique :

La pression hydrostatique est la pression exercée par l'eau sur le corps immergé. Cette pression entraîne un déplacement des fluides à l'intérieur du corps des extrémités vers la cavité centrale.

La pression hydrostatique est susceptible d'entraîner une élévation du débit cardiaque, du débit sanguin musculaire et de la diffusion des déchets métaboliques du muscle vers le sang et de réduire le temps de transport de l'oxygène, des nutriments et hormones vers les muscles lésés [2].

La pression hydrostatique permettrait également de limiter la formation d'œdème qui survient à la suite d'un exercice, de réduire les dommages musculaires, de maintenir l'apport en oxygène vers les muscles et de maintenir la fonction contractile [12].

- La température :

La température de l'eau pourrait réduire certaines des réponses physiologiques associées à la pression hydrostatique. Les effets du froid ont été décrit précédemment.

1.5.2.3 Cryothérapie corps entier (CCE)

La CCE est une technique plus récente, dont la popularité est grandissante ces dernières années dans le milieu sportif.

Elle utilise des températures extrêmement basses, inférieures à – 100°C. Le choc thermique est important.

Le concept a été présentée pour la première fois en 1979 lors du Congrès européen des Rhumatologues à Wiesbaben par le professeur japonais Yamauchi. Initialement elle était utilisée pour traiter la douleur des patients atteints de pathologies rhumatismales. Progressivement son utilisation s'est étendue aux patients douloureux post-traumatiques, notamment les sportifs blessés. Puis compte tenu des bienfaits ressentis par les sportifs, elle a commencé à être utilisée par les sportifs dans un but de récupération.

C'est par le biais du sport qu'elle est arrivée en France, la première fût proposée en 2002 au Centre européen de rééducation du sportif (CERS) de Capbreton et la seconde en 2009 à l'institut national du sport de l'expertise de de la performance (Insep).

On peut distinguer la chambre cryogénique qui est une réelle cryothérapie corps entier, tête comprise, et le cryosauna qui est une cryothérapie partielle, tête et cou exclus.

- <u>La chambre cryogénique</u> :

La CCE est composée de deux ou trois chambres, une ou deux chambres préliminaires qui permettent l'adaptation du corps au froid et une chambre principale de traitement.

Le système de refroidissement peut être électrique ou à l'azote liquide, permettant d'atteindre des températures allant de – 110 °C à – 140 °C [30].

Le patient est en maillot de bain, il protège ses extrémités à l'aide de gants, chaussettes, bonnet et il porte un masque afin de protéger ses voies aériennes, cela permet d'éviter le spasme bronchique et l'oppression respiratoire [31]. Les hommes peuvent également mettre du sparadrap pour protéger leurs tétons.

Classiquement, le patient entre d'abord dans une chambre préliminaire à – 10 °C, il y reste 30 secondes, puis dans une seconde chambre à – 60 °C où il reste de nouveau 30 secondes avant d'entrer dans la chambre principale à – 110 °C. Le patient restera 3 minutes maximum dans la chambre de traitement et il sera surveillé tout le long par un médecin ou un professionnel de santé habilité à utiliser cet appareil.

- <u>Le cryosauna</u> :

Le cryosauna est une cabine individuelle qui permet d'atteindre des températures encore plus basses allant de – 120 °C à – 150 °C. Le système de refroidissement est à l'azote liquide. Un système d'extraction des gaz aspire les vapeurs d'azote émises lors du fonctionnement de l'appareil.

Cette cabine est équipée d'un sol mobile qui s'adapte à la hauteur de chaque personne, elle permet une exposition jusqu'aux épaules uniquement, la tête et le cou restant au-dessus de la zone de traitement. La personne est debout et elle est également vêtue d'un maillot, de gants et de chaussettes mais comme elle respire l'air ambiant le port du masque n'est pas nécessaire, le bonnet non plus.

1.5.3 Indications

Les indications de la cryothérapie sont variées.

La CEE ou l'IEF sont indiquées notamment en rhumatologie, en neurologie, en traumatologie et dans le milieu sportif dans le cadre des blessures mais aussi pour la préparation physique et l'optimisation de la récupération et des performances.

1.5.4 Contre-indications

La CCE présente plus de contre-indications que l'IEF. Selon le consensus de Bad Vöslau en février 2006, on retrouve majoritairement des pathologies cardiovasculaires et les problèmes de sensibilité au froid :

- Les pathologies cardiovasculaires et respiratoires : notamment l'hypertension artérielle non stabilisée, l'infarctus du myocarde récent, les insuffisances circulatoire et/ou respiratoire, l'angor instable, les antécédents de thrombose veineuse, artériopathie périphérique, les vascularites, les suites d'opération cardiaque, la présence d'un stimulateur cardiaque
- Les troubles de la sensibilité au froid
- Les allergies au froid
- Le syndrome de Raynaud
- Les plaies ouvertes, peaux éraflées ou infections cutanées
- La claustrophobie
- La grossesse à partir du 4ème mois
- Les pathologies aigues rénale ou urinaire
- L'alcoolisme ou la toxicomanie
- Ou encore l'épilepsie, l'anémie, la cachexie, l'hyperthyroïdie, l'hyperhydrose

1.6 Hypothèse théorique

L'hypothèse énoncée dans cette revue est que, de par les températures extrêmement basses utilisées, la CCE permettrait de réduire les courbatures de façon plus efficace que l'IEF.

1.7 Importance de la revue

Comme nous l'avons dit précédemment la récupération est un sujet important dans le milieu du sport, le but étant de maintenir la performance, de réduire les douleurs musculaires et d'éviter les blessures. De plus les courbatures sont très fréquentes et s'accompagnent de conséquences fonctionnelles indésirables.

L'IEF est utilisée depuis longtemps par les sportifs et cette technique a l'avantage d'être simple et peu coûteuse. La CCE représente une alternative qui a gagné en popularité ces dernières années. Cependant, contrairement à l'IEF, elle représente un coût considérable, que ce soit en termes de coût d'installation, d'entretien et d'utilisation pour les usagers. En effet, il s'agit d'un acte non conventionné donc les séances ne sont pas remboursées par la sécurité sociale.

En tant que kinésithérapeute, si on ouvre un cabinet et que l'on veut s'équiper, est-il plus intéressant d'installer un bain froid ou une CCE ? Cela nous permettrait également de conseiller les patients qui cherchent à réduire leurs courbatures. Le coût que représente la CCE est-il justifié ? Ou faut-il plutôt privilégier l'IEF ? Ou alors peut être qu'aucune de ces techniques n'est à recommander dans ce cadre-là.

Dans tous les cas, il faut faire la balance entre le coût et l'efficacité.

1.8 Objectifs de la revue

Dans cette revue nous somme dans le cadre d'une question thérapeutique car nous cherchons à connaître l'efficacité d'un traitement.

La question clinique a été élaborée selon le modèle PICO :

- P correspond à la population ou à la pathologie étudiée
- I correspond à ou aux intervention(s) étudiée(s)
- C correspond au comparateur, c'est-à-dire ce à quoi l'intervention va être comparée
- O correspond à ou aux outcome(s), c'est-à-dire aux critères de jugements sur lesquels on va se baser pour juger de l'efficacité de l'intervention

P	Sujets sportifs
I	Cryothérapie corps entier et/ou immersion en eau froide
C	Récupération passive, placebo
O	Douleurs musculaires d'apparition retardée (DOMS)

Tableau 1 : Modèle PICO de notre revue

L'objectif de cette revue est donc de réponde à la question clinique suivante : La **cryothérapie corps entier** est-elle plus efficace que l'**immersion en eau froide** pour réduire les **courbatures** après un effort chez le **sujet sportif** ?

2. Méthode

2.1 Critères d'éligibilité des études pour cette revue

2.1.1 Types d'études

Les études éligibles sont les **essais cliniques randomisés** car c'est le schéma le plus approprié pour répondre à une question thérapeutique et ce sont celles qui ont le moins de biais.

Seules les études concernant les **humains** sont retenues, les études portant sur les espèces animales sont donc exclues.

Une restriction linguistique est faite, seules les études **en français ou en anglais** sont retenues, les études étant rédigées dans d'autres langues sont donc exclues.

2.1.2 Population

Les participants des études inclues pourront être des **sportifs de haut niveau ou amateurs**, sans restriction en ce qui concerne le type de sport pratiqué. Il n'existe **aucune restriction en termes de sexe.**

Les participants des études inclues devront être âgés de **16 à 65 ans**, les enfants et les personnes âgées étant exclus.

Les participants doivent être en bonne santé et **exempts de blessures** à l'instant où ils sont inclus dans l'étude.

Evidemment, les personnes présentant des **contre-indications** à la CEE ou l'IEF ont été préalablement exclues des études.

2.1.3 Intervention

Les **protocoles induisant les dommages musculaires sont tous retenus**. Les études inclues doivent mettre en œuvre ce protocole qu'à **une seule reprise**. Si le protocole est réalisé plusieurs fois dans la même journée ou sur plusieurs jours, l'étude est exclue.

Les études retenues évaluent l'utilisation de la CCE et/ou de l'IEF **sans combinaison** de techniques de récupération :

Concernant la CCE, les études inclues sont celles qui utilisent une chambre cryogénique (tête incluse) et non une cryocabine (tête exclue) car cela correspond à la cryothérapie corps partiel, sans restriction en termes de fréquence, de durée ou de température car il n'existe pas de gold standard.

Concernant l'IEF, les études inclus sont celles qui utilisent des immersions continues ou intermittentes, sans restriction en termes de fréquence, de durée, de température ou de profondeur d'immersion car il n'existe pas non plus de gold standard. L'IEF étant définie comme une immersion dans une eau inférieure à 15°C [10], les études doivent respecter au moins ce critère en termes de température. Les études qui comparent plusieurs températures et/ou durées sont également inclues si elles répondent aux autres critères.

2.1.4 Comparateur

Les études doivent impérativement inclure un **groupe contrôle** afin de ne pas introduire des facteurs de confusion et d'éviter des erreurs d'interprétation concernant les liens entre la variable dépendante et la variable indépendante lors de l'analyse des résultats.

Le comparateur utilisé est la **récupération passive après l'effort** (ce qui correspond au repos, à l'absence de traitement) ou le **placebo**. Les participants du groupe contrôle ne doivent donc être soumis à aucune technique de récupération. La comparaison avec le repos ou l'absence de traitement est intéressante car très souvent la récupération après l'exercice est négligée. Et la comparaison avec un placebo permet d'étudier l'efficacité d'une technique en la comparant, non pas à rien (comme dans le cas précédent) ni à un autre produit actif, mais à un placebo.

Les techniques de cryothérapie seront comparées entre elles à travers des études qui comparent ces techniques indépendamment par rapport à un groupe contrôle et des études qui comparent ces deux techniques par rapport à un groupe contrôle.

2.1.5 Outcome(s) ou critère(s) de jugement

Le critère de jugement principal sur lequel va se concentrer cette revue est l'intensité de la **douleur musculaire d'apparition retardée (DOMS)** apparaissant après un exercice physique provoquant des dommages musculaires. Il s'agit d'une plainte récurrente chez les sportifs, facilement appréciable en pratique clinique et qui s'accompagne d'une baisse de performance notamment qui est problématique pour le sportif de haut niveau en phase de compétition.

Les études sont inclues si elles mesurent l'intensité de la douleur musculaire que ce soit le critère de jugement principal ou secondaire. L'outil de mesure utilisé doit fournir une mesure quantitative. Plus précisément, les études inclues doivent utiliser une **échelle visuelle analogique (EVA)** ou une **échelle numérique (EN)**. En effet, il s'agit d'échelles validées par l'HAS afin de quantifier l'intensité de la douleur.

La mesure de l'intensité de la douleur doit être faite **avant** la réalisation du protocole responsable des dommages musculaires puis seront sélectionnées les études qui ont pris des mesures **jusqu'à 1-2h heure et/ou 24 heures et/ou 48 heures et/ou 72 heures et/ou 96 heures et/ou plus de 96 heures après l'exercice**. Il s'agit des délais de suivi habituels des DOMS.

2.2 Méthodologie de recherche des études

Des études évaluant les effets des techniques de CCE et d'IEF individuellement ou en les comparant entre elles ont été recherchées dans les bases de données électroniques PubMed, Science Direct et PEDro. La dernière recherche est datée du 12 mars 2020.

La recherche via les bases de données PubMed et Cochrane a été réalisée en utilisant une combinaison de mots clefs : « whole body cryotherapy » et « cold water immersion » pour les interventions et « delayed onset muscle soreness » qui est la traduction de la douleur musculaire d'apparition retardée en anglais et « pain » et « soreness » qui sont termes plus généraux de la douleur. Pour mettre en forme l'équation on ajoute des opérateurs boléens « AND », « OR » et « NOT ».

L'équation de recherche utilisée est finalement la suivante : **(whole body cryotherapy OR cold water immersion) AND (delayed onset muscle soreness OR pain OR soreness).**

Les recherches via la base de données PEDro ont été réalisée grâce à deux recherches simples avec le nom des interventions **« whole body cryotherapy »** puis « **cold water immersion »**. Une recherche avec le nom des deux techniques ne donnant aucun résultat et différentes combinaisons de mots et de rubriques dans une recherche avancée ne donnant pas de résultats satisfaisants.

2.3 Méthode d'extraction et d'analyse des données

2.3.1 Méthode de sélection des études

La sélection des études de cette revue a été faite de façon méthodique, en respectant les étapes suivantes :

- 1ère étape : Mise en **commun** des articles trouvés sur les différentes bases de données avec les équations de recherche présentées précédemment
- 2ème étape : Suppression des **doublons**
- 3ème étape : Première sélection des études potentielles après **lecture du titre et du résumé**
- 4ème étape : Deuxième sélection après **lecture du texte intégral** afin de vérifier si les articles correspondent aux critères d'éligibilité
- 5ème étape : Evaluation du **score Pedro** des études restantes, seules celles qui ont un score PEDro égal ou supérieur à 4 sont retenues

La sélection des études a été résumée sous la forme d'un diagramme de flux (cf.figure 3).

2.3.2 Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

L'échelle PEDro a été utilisée afin d'évaluer la qualité méthodologique des essais cliniques respectant les critères d'inclusion. Cette échelle est composée de 11 critères. Ils permettent d'évaluer la validité interne d'une étude et met en évidence les éventuels biais présents.

Les points sont attribués uniquement si le critère est clairement respecté. Un score sur 10 est attribué, le premier critère n'entrant pas dans le calcul final car il est relatif à la validité « externe », il correspond à l'applicabilité de l'étude. Plus le score est élevé plus l'étude a une bonne qualité méthodologique.

J'ai choisi de conserver uniquement les études ayant un **score supérieur ou égal à 4**, de qualité modérée ou forte. Les études ayant un score inférieur à 4, de qualité faible, ont donc été exclus lors de la dernière étape de la sélection.

L'échelle PEDro permet d'évaluer différents aspects, comme notamment :

- Applicabilité de l'étude (critère 1)
- Biais de sélection (critères 2 à 4)

- Biais de performance, détection, évaluation (critères 5 à 7)
- Biais de suivi (critère 8)
- Biais d'attrition (critère 9)
- Quantité d'informations statistiques suffisantes pour l'interprétation des résultats (critères 10 et 11)

Dans un essai thérapeutique, il existe un biais quand un autre facteur que le traitement étudié peut expliquer le résultat observé. Les principaux biais qui peuvent être retrouvés dans un essai thérapeutique sont les suivants [32] :

- **Le biais de confusion** : Il correspond au biais introduit par les facteurs de confusion dans les études sans groupe contrôle.

- **Le biais de sélection** : Il survient quand les deux groupes ne sont pas comparables initialement. Une différence entre les deux groupes peut alors apparaître en dehors de tout effet du traitement. La randomisation et l'assignation secrète permet de contrôler la survenue d'un biais de sélection.

- **Le biais de suivi** : Il survient lorsque les deux groupes ne sont pas suivis de la même manière au cours de l'essai. La comparabilité initiale est alors détruite et une différence pourrait apparaître en dehors de tout effet du traitement. Ce biais est évité par l'utilisation du double aveugle.

- **Le biais d'attrition** : Il apparaît quand les patients sont écartés de l'analyse. Les patients inclus mais non analysés correspondent à des perdus de vue ou à des données manquantes et dans tous les cas à un critère de jugement manquant. Pour éviter ce biais tous les participants de l'étude devraient être inclus dans l'analyse. Le taux de perdu de vue doit être proche de 0. Le biais d'attrition peut être contrôlé par l'analyse en intention de traiter.

- **Le biais d'évaluation** : Il survient lorsque le critère de jugement n'est pas recherché de la même manière entre les groupes de traitement. Le double aveugle supprime le risque de ce biais.

- **Le biais de performance** : Il survient lorsque des différences dans les soins reçus se produisent en raison de la connaissance de l'attribution des interventions, soit chez le thérapeute, soit chez le participant. Le double aveugle supprime le risque de ce biais. Si des résultats subjectifs sont utilisés dans un essai, le biais de performance peut être atténué en aveuglant l'évaluateur des résultats.

- **Le biais de détection** : Il correspond à des différences systématiques entre les groupes dans la façon dont les résultats sont déterminés. Le biais de détection peut être dû à la connaissance des interventions allouées par les examinateurs. Les évaluateurs des résultats doivent donc être aveugles à l'intervention.

2.3.3 Extraction des données

Les caractéristiques des études inclues ont été regroupées sous forme de tableaux.

On pourra y trouver les informations suivantes :

- Les auteurs et l'année de publication
- Le schéma de l'étude
- Le nombre et les caractéristiques des participants
- Le protocole de dommage musculaire utilisé
- La description des interventions
- L'échelle utilisée pour évaluer la douleur musculaire, la condition si elle est précisée (notamment au repos, au mouvement, à l'étirement) et les temps d'évaluation

2.3.4 Méthode de synthèse des résultats

Les résultats des études retenues ont été extraits, interprétés et présentés article par article. Afin de faciliter la lecture, les études ont été divisées en trois groupes (CCE et IEF, CCE ou IEF) et deux sous-parties ont également été ajoutée pour le type de contrôle (vs PL, vs PAS).

3. Résultats

3.1 Description des études

3.1.1 Processus de sélection des études

Les équations de recherche utilisées ont permis d'identifier 783 références dont :

- 410 références sur PubMed
- 90 références sur PEDro
- 283 références sur Cochrane

192 doublons ont été identifiés et après leur suppression il ne reste plus que 591 références.

Lors de la lecture du titre et du résumé, 548 références ont été exclues car :

- Elles ne concernaient pas notre sujet d'étude, notre critère de jugement ou les sujets humains.
- Elles n'étaient pas en langue française ou anglaise.
- Ce n'étaient pas des essais cliniques randomisés.

Les 43 articles sélectionnés à cette étape ont par la suite été lus dans leur intégralité afin de vérifier s'ils répondaient aux critères d'éligibilité.

Après lecture du texte intégral, 23 articles ont été exclus. La raison de leur exclusion a été indiquée dans le tableau 1. Finalement dans cette revue, 20 études ont été inclues. La description de ces études a été synthétisée dans le tableau 2.

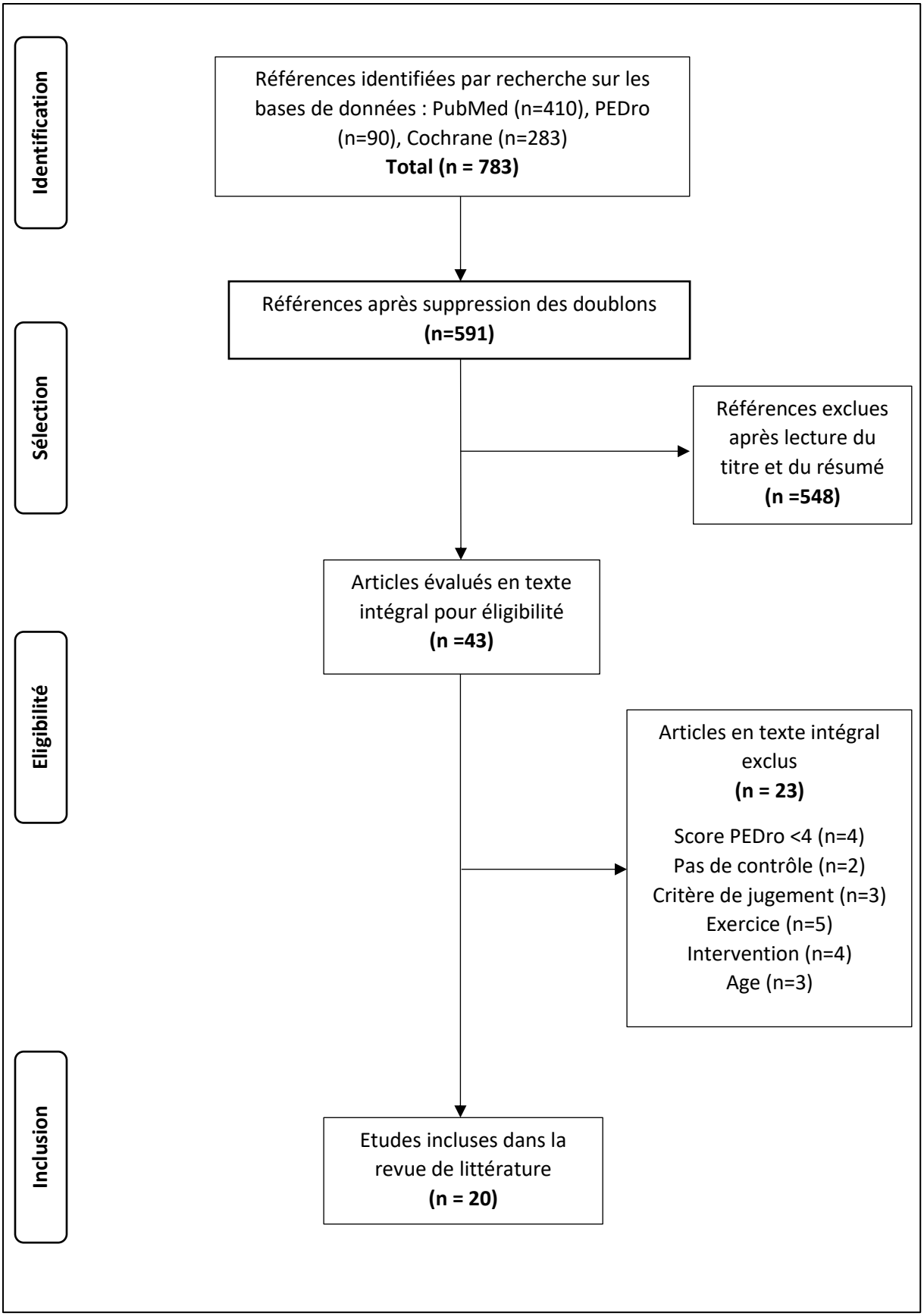

Figure 3. Diagramme de flux de la revue

3.1.2 Etudes exclues

Tableau 1. Raisons de l'exclusion des études exclues

Etude	Raison de l'exclusion
Abaida et al. 2017 [33]	Pas de groupe contrôle
Adamczyk et al. 2016 [34]	Score PEDro < 4
Ahokas et al. 2019 [35]	Combinaison de techniques de récupération
Broatch et al. 2014 [36]	Score PEDro < 4
Brophy-William et al. 2011 [37]	Pas de mesure de la douleur avant l'exercice
Defreitas et al. 2017 [38]	Exercice réalisé plusieurs fois
Elias 2012 et al. [39]	Exercice réalisé plusieurs fois
Elias 2013 et al. [40]	Exercice réalisé plusieurs fois
Ferreira-junior et al. 2014 [41]	Cryothérapie corps partiel
Fonda et al. 2013 [9]	Cryothérapie corps partiel
Hayter et al. 2016 [42]	Pas de groupe contrôle
Jakeman et al. 2009 [43]	Score PEDro < 4
Kruger et al. 2015 [44]	Pas de mesure de l'intensité de la douleur via une EVA ou EN
Leeder et al. 2019 [45]	Exercice réalisé plusieurs fois
Nunes et al. 2018 [46]	Score PEDro < 4
Pinto et al. 2018 [47]	Pas de mesure de l'intensité de la douleur via une EVA ou EN
Rowsell et al. 2011 [48]	Age des participants < 16 ans
Sanchez et al. 2017 [29]	Age des participants < 16 ans
Stanley et al. 2011 [49]	Délais de suivis différents que ceux recherchés
Tavares et al. 2018 [50]	Combinaison de techniques de récupération
Wilson et al. 2019 [51]	Score PEDro < 4
Yeung et al. 2016 [52]	Exercice réalisé plusieurs fois
Ziemann et al. 2014 [53]	Age des participants < 16 ans

3.1.3 Etudes incluses

Les 20 études sélectionnées sont des essais cliniques randomisés qui ont été publiées entre 2011 et 2019. 12 d'entre elles sont des essais en groupes parallèles [24,26,54–63] et 8 sont des essais croisés [27,63–70].

Au total, 16 études qui étudient l'IEF ont été retenues, pour un total de 338 participants. Parmi elles, 12 la comparent à la récupération passive [24,27,54,55,59,62,66–68,70], 3 la comparent à un placebo [26,58,60] et 1 étude la compare à la fois au repos et au placebo [61].

Au total, 4 études qui étudient la CEE ont été retenues, pour un total de 71 participants. Parmi elles, 2 la comparent à la récupération passive [64,65] et 1 la compare à un placebo [57]. Une seule étude qui étudie à la fois la CCE et l'IEF par rapport à un placebo a été retenue [56], elle compte 31 participants.

Tableau 2. Caractéristiques des études incluses

Auteurs et année (schéma d'étude)	Population (moyenne d'âge ± écart type)	Exercice	Interventions	Evaluation de la douleur musculaire
Cryothérapie corps entier et immersion en eau froide				
Wilson et al. 2018 (ECR)	31 coureurs entrainés en endurance, hommes (39,9 ±7,9 ans)	Marathon dans le nord de Londres	**IEF continue** (10min à 10°C) vs **CCE** (3min puis 4min à -85°C, à 15min d'intervalle) vs **PL** (pilule à l'amidon de maïs = « BCAA »)	Durant un squat **EN 0-10** Pre-exercice, 24h et 48h post-exercice
Cryothérapie corps entier				
Costello et al. 2012 (ECR)	18 étudiants universitaires physiquement actif, 14 hommes et 4 femmes (21.2±2.1 ans)	100 contractions excentriques maximales des extenseurs du genou gauche	**CCE** (20s à -60°C et 3min à -110°C) vs **PL** (idem -15°C) ; 2 expositions 24h et 26h après l'exercice	**EVA 1-10** Pre-exercice, 24h, 48h et 72h post-exercice
Hausswirth et al. 2011 (CO)	9 coureurs bien entrainés, hommes (31.8 ±6.5 ans)	Simulation d'une course de trail sur un tapis de course	**CCE** (-10°C, -60°C puis 3min à -110°C) vs **PAS** (assis 30min) ; 3 expositions moins d'1h après puis 24h et 48h après	**EVA 0-100** Pre-exercice, immédiatement, 1h, 24h et 48h post-exercice
Russel et al. 2017 (CO)	14 joueurs professionnels de foot de première ligue, hommes (18 ±2 ans)	Sprints répétés (15 x 30m), tous suivis de 10m de décélération	**CCE** (30s à -60°C puis 2min à -135°C) vs **PAS** (110min)	**EN sur 7** Pre-exercice, immédiatement, 2h et 24h post-exercice
Immersion en eau froide				
Ascensao et al. 2011 (ECR)	20 joueurs de foot, hommes Groupe PL n=10 (18,3 ± 0,8) Groupe IEF n=10 (18,1 ± 1,8)	Match de foot	**IEF continue** (10min à 10°C) vs **PL** (idem à 35°C)	Quadriceps, ischio-jambiers, mollets, adducteurs de hanche **EN 0-10** Pre-exercice puis 30min, 24h et 48h post-exercice
Bailey et al. 2007 (ECR)	20 hommes en bonne santé (22,3 ± 3,3 ans) Groupe IEF n=10 (23,6 ± 4,1 ans) Groupe PAS n=10 (21.7 ± 2.0 ans)	Loughborough Intermittent Shuttle Test (LIST)	**IEF continue** (10min à 10°C) vs **PAS** (non immersion)	Au repos **EVA 1-10** Pre-exercice puis immédiatement, 24h et 48h et 168h post-exercice

Barber et al. 2017 (ECR)	16 joueurs de rugby en club, hommes (20 ± 1,2 ans)	Simulation d'un match de rugby	**IEF intermittente** (2 x 5min à 10°C) vs **PL** (jus de fruit dilué = « boisson isotonique»)	**EVA 200mm** Pre-exercice puis immédiatement, 24h et 48h post-exercice
Bouzid et al. 2018 (CO)	8 joueurs professionnels de foot, hommes (19,63 ± 0,74 ans)	Loughborough Intermittent Shuttle Test (LIST)	**IEF continue** (10min à 10°C) vs **PL** (idem mais à 28°C)	Ischio-jambiers et quadriceps **EN 0-10** Pre-exercice puis immédiatement, 24h, 48h et 72h post-exercice
Dantas et al. 2019 (ECR)	30 coureurs entraînés mais pratique récréative, hommes PAS n= 10 (33,00±4,84 ans) PL n=10 (31,71±5,4) IEF n= 10 (30,28±6,10)	10 km de course à pied sur route	**IEF continue** (10min à 10°C) vs **PL** (idem mais à température de la pièce) vs **PAS** (assis 10min)	Au repos, après auto-étirement et contraction isométrique **EVA 100mm** Pre-exercice puis immédiatement post-exercice, immédiatement post-intervention et 24h post-intervention
Fonseca et al. 2016 (CO)	8 athlètes hautement entraînés, hommes (24.0 ± 3.6 ans)	Entraînement de jiu-jitsu	**IEF intermittente** (4 x 4min à 6°C) vs **PAS**	**EVA sur 10** Pre-exercice, immédiatement post-exercice, post-intervention puis 24h et 48h post-intervention
Glasgow et al. 2014 (ECR)	50 étudiants universitaires en bonne santé, de 18 à 35 ans N=10 pour chaque groupe	3 séries de contractions excentriques des ischio-jambiers	**IEF intermittente** (3 x 1min à 10°C) vs **IEF continue** (10min à 6°C) vs **PAS** ; 3 expositions après exercice puis 24h et 48h après	Ischio-jambiers pendant les activités de la vie quotidienne, **EVA 10cm** Pre-exercice puis immédiatement, 24h, 48h, 72h et 96h post-exercice
Ingram et al. 2009 (CO)	11 athlètes avec une expérience de jeu en équipe, hommes (27.5±6.0 ans)	Simulation de sport d'équipe	**IEF** (2min puis 5min à 10°C) vs **PAS** (15min assis) ; 2 expositions après l'exercice puis 24h après	Quadriceps **EN sur 10** Pre-exercice puis immédiatement, 24h et 48h post-exercice
Leeder et al. 2015 (ECR)	24 athlètes de sport d'équipe bien entraînés, hommes (21 ± 3 ans)	Loughborough Intermittent Shuttle Test (LIST)	**IEF continue** (14min à 14°C) **assis vs debout** vs **PAS** (assis 14min)	Durant un squat **EVA 200mm** Pre-exercice puis 24h, 48h et 72h post-exercice

Lindsay et al. 2017 (ECR)	15 athlètes semi-professionnels de MMA hautement entraînés, hommes (28.3 ± 5.7 ans)	Session d'entraînement pour préparation à la compétition	**IEF continue** (15min à 10°C) vs **PAS** (15min assis)	Au repos **EVA 0-10** Pre-exercice, immédiatement post-intervention puis 1h, 2h, 24h
Machado et al. 2016 (ECR)	60 hommes en bonne santé de 18 à 25 ans PAS n=20 (20.4 ± 1.8 ans) IEF à 9°C n=20 (21.2 ± 2.0 ans) IEF à 14°C n=20 (20.8 ± 2.5 ans)	75 contractions maximales excentriques des extenseurs du genoux du membre inférieur dominant	**IEF continue** (15min à 9°C) vs **IEF continue** (15min à 14°C) vs **PAS** (assis) ; 4 expositions après l'exercice puis toutes les 24h durant les 3 jours suivants	Contraction isométrique maximale **EVA 0-10** Pre-exercice, post-exercice, post intervention puis 40min, 24h, 48h, 72h et 96h post-exercice
Pointon et al. 2011 (CO)	10 athlètes de sport d'équipe (rugby), hommes (19,9 ± 1,1 ans)	Sprint intermittent 2 x 30min	**IEF intermittente** (2 x 9min à 9°C) vs **PAS** (20min assis)	**EN 0-10** Pre-exercice puis immédiatement post-exercice, post-intervention puis 2h et 24h post-exercice
Siqueira et al. 2018 (ECR)	29 hommes physiquement actifs, hommes Groupe PAS n=15 (19.9 ± 1.4 ans) Groupe IEF n=14 (20.5 ± 1.4 ans)	5 séries de 20 drops jumps, chacun suivis d'un saut vertical	**IEF continue** (20min à 10°c) vs **PAS** (20min assis) ; 4 expositions au total 20 minutes post-exercice et toutes les 24h durant les 3 jours suivants	Assis-debout et contraction volontaire maximale isométrique **EVA 100mm** Pre-exercice puis immédiatement, 24h, 48h, 72h, 96h et 168h post
Stenson et al. 2017 (CO)	9 hommes entrainés en endurance (35,89 ± 7,80 ans)	Entraînement par intervalles (8 x 1200m)	IEF continue (12min à 12°C) vs PAS (12min assis)	**EN sur 7 points** Pre-exercice puis immédiatement et 24h post
Tabben et al. 2018 (CO)	20 athlètes bien entraînés de MMA (hommes), moyenne d'âge 26,5 ± 5,0 ans	Simulation d'une compétition de MMA	**IEF continue** (15min à 10°C) vs **PAS** (15min assis)	**EN 1-**7 Pre-exercice puis 24h post-exercice
White et al. 2014 (CO)	8 hommes actifs, pratique récréationnelle (23.6 ± 3.7 ans)	Protocole de sprint intermittent à haute intensité	IEF continue (10min à 10°C) **vs IEF continue** (30min à 10°C) vs **PAS** (45min assis)	Contraction excentrique et concentrique **EN 1-10** Pre-exercice puis immédiatement, 1h, 24h et 48h post-exercice

3.2 Risques de biais des études incluses

3.2.1 Grille PEDro

Tous les articles ont au minimum un score de 4 sur l'échelle PEDro, puisqu'il s'agit d'un des critères d'inclusion de la revue, et au maximum 8. Sur les 20 articles évalués, 9 d'entre eux possèdent un score de 4 [26,27,56,59,64,65,67,69,70], 3 possèdent un score de 5 [11,55,60,68], 5 possèdent un score de 6 [54,58,66], 1 seul possède un score de 7 [61] et 2 possèdent un score de 8 [57,62].

Tableau 3. Score PEDro des articles respectant les critères d'inclusion (le premier item n'entrant pas dans le calcul du score)

Auteurs	**Items**											**Score total (/10)**
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Ascensao 2011		X		X	X					X	X	5
Bailey 2007		X		X						X	X	4
Barber 2017		X		X						X	X	4
Bouzid 2018	X	X		X	X					X	X	6
Costello 2012	X	X	X	X	X			X		X	X	8
Dantas 2019	X	X		X			X	X		X	X	7
Fonseca 2016		X		X						X	X	4
Glasgow 2014	X	X	X	X				X	X	X	X	8
Hausswirth 2011		X		X						X	X	4
Ingram 2009		X		X				X		X	X	5
Leeder 2015		X	X	X				X		X	X	6
Lindsay 2017		X		X				X		X	X	5
Machado 2016		X		X			X	X		X	X	6
Pointon 2011		X		X						X	X	4
Russel 2017		X		X						X	X	4
Siqueira 2018		X		X			X	X		X	X	6
Stenson 2017		X		X			X	X		X	X	6
Tabben 2018		X		X						X	X	4
White 2014		X		X						X	X	4
Wilson 2018		X		X						X	X	4

3.2.2 Synthèse des biais retrouvés

Toutes les études valident le *critère 2* concernant la randomisation ainsi que le *critère 4* concernant la comparabilité des groupes au départ. Cependant, seulement 3 études [57,62,64] valident le *critère 3* qui concerne l'assignation secrète. Les 17 autres études ne remplissent pas ce critère car elles ne précisent pas si la répartition aléatoire dans les groupes a respecté une assignation secrète. Ces études ont donc un **potentiel biais de sélection**.

Dans les études sélectionnées, il était difficile de mettre les sujets ou les thérapeutes « en aveugle ». Aucune étude dont le groupe contrôle consiste à rester assis passivement ne satisfait le *critère 5* « sujets en aveugle ». La nature des interventions permettait aux sujets de faire la distinction entre le traitement et l'intervention contrôle.

Parmi les études impliquant un placebo mais pas de repos passif, 3 études [57,58,60] utilisent le même protocole que l'intervention expérimentale, excepté la température qui est différente. On peut considérer que les sujets étaient « en aveugle » car ils ne pouvaient pas faire la distinction entre le groupe expérimental et le groupe placebo. Dans les études de Wilson [56] et de Barber [26], le placebo correspond respectivement à un comprimé et à une boisson qui ont été présentés comme ayant des vertus pour la récupération. Pour ces études, on peut considérer que les sujets n'étaient pas « en aveugle » car ils étaient capables de faire la distinction entre les interventions expérimentales et le placebo.

Aucune étude ne satisfait le *critère 6.* En effet*,* les thérapeutes ayant administré le traitement ne peuvent pas être « en aveugle », ils devaient savoir dans quel groupe le sujet avait été réparti afin de pouvoir administrer le traitement. Pour conclure, toutes les études présentent un **biais de performance**.

Le *critère 7* « examinateurs en aveugle pour au moins un critère de jugement essentiels » est satisfait pour 4 études [24,55,61,68]. Cependant, dans le cadre de notre revue, nous nous intéressons à un critère de jugement qui est auto-évalué par le sujet par l'intermédiaire d'une EVA ou d'une EN. Dans ce cas-là, l'évaluateur est considéré être « en aveugle » uniquement si le sujet l'est aussi. Donc en ce qui concerne la mesure de l'intensité de la douleur musculaire, les examinateurs de ces 4 études ne sont pas considérés être « en aveugle » car les sujets ne le sont pas. On peut alors considérer que, dans le cadre de notre revue, toutes les études présentent un **biais de détection**.

Aucune étude sélectionnée est en « double aveugle », c'est-à-dire sujets et examinateurs « en aveugle ». On peut alors considérer que toutes les études présentent un **biais d'évaluation** et un **biais de suivi**.

La moitié des études ne remplit pas le *critère 8* concernant le suivi adéquat. On ne sait pas si les mesures ont été obtenues pour plus de 85% des sujets pour au moins un des critères de jugement principal. On ne sait pas non plus pour ces études si l'effectif des personnes suivies a diminué. L'attrition correspond à la diminution de l'effectif des personnes suivies. Plus les perdus de vue sont nombreux, plus le biais d'attrition augmente. Les sujets qui ne sont plus suivis pourraient différencier systématiquement des personnes qui le sont et ainsi rompre la comparabilité initiale. Un suivi adéquat permettrait donc de diminuer le biais d'attrition, or on n'a pas d'information là-dessus pour ces études. Ces études [ref] ont donc un **potentiel biais d'attrition** mais on ne peut pas l'affirmer**.**

Siqueira [55] a exclu un patient à 48h cela contribue à l'attrition, cependant il répond au critère 8 car selon PEDro le risque de biais apparaît à partir de 15% de sorties entre le nombre initial et le nombre final.

Toutes les études à par Glasgow [62] ne remplissent pas le *critère 9* concernant l'analyse « en intention de traiter ». Ces 19 études contrairement à Glasgow ne précisent pas si les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou l'intervention contrôle conformément à leur répartition initiale, ou si ce n'est pas le cas, que l'analyse a été réalisée en « intention de traiter », ou encore qu'une méthode de remplacement des données manquantes a été utilisée.

L'analyse en intention de traiter permet de préserver la crédibilité de l'analyse malgré les violations possibles des protocoles pendant l'étude, notamment des sujets ne recevant pas le traitement prévu ou recevant un traitement imprévu.

3.3 Effets de l'intervention

3.3.1 Cryothérapie corps entier et immersion en eau froide

Wilson et al. 2018 [56] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire perçue durant un squat sur une EN allant de 0 « pas de douleur au mouvement » à 10 « muscles trop douloureux pour bouger ». Une variation des valeurs brutes de 1,0 a été fixée par les auteurs comme la plus petite variation valable en pratique.

	Différence de moyenne intragroupe par rapport à la valeur de référence obtenue avant l'exercice [IC à 90%]			*Différence de moyenne intergroupe par rapport à la valeur de référence [IC à 90%])*	
	24 h après	48 h après		24 h après	48 h après
PL (n=10)	2 [1 ; 3]	1 [0 ; 2]	IEF vs PL	0 [-2 ; 2]	0 [-1 ; 1]
IEF (n =11)	2 [1 ;3]	0 [0 ; 0]	CCE vs PL	-1 [-3 ; 1]	-1 [-2 ; 0]
CCE (n=10)	1 [0 ; 2]	0 [-1 ; 1]	CCE vs IEF	-1 [-2 ; 0]	-1 [-2 ; 0]

La perception de la douleur a augmenté dans tous les groupes à 24h par rapport aux valeurs de référence. Cette augmentation est cliniquement significative mais l'IC dans le groupe CCE n'est pas assez précis. Dans le groupe PL elle reste augmentée à 48h mais l'estimation n'est pas assez précise. Le retour à la valeur de référence à 48h se produit dans le groupe IEF mais l'IC pour la CCE n'est pas assez précis.

Les différences à 24h et à 48h entre le groupe CCE et le groupe PL ou entre le groupe CCE et le groupe IEF sont de 1 en faveur de la CCE, ce qui est cliniquement significatif cependant l'IC à 90% nous indique que l'effet pourrait être nul par rapport au PL ou à l'IEF jusqu'à une réduction de 2 points sur une échelle allant de 0 à 10. Aucune différence moyenne n'a été observée à 24h ou 48h pour l'IEF par rapport au PL. Cependant ce résultat n'est pas clair non plus car on a des valeurs à la fois en faveur de l'IEF et en faveur du PL. Les différents IC ne sont pas assez précis pour être applicable dans la population en pratique (similaire à celle de l'échantillon).

3.3.2 Cryothérapie corps entier

3.3.2.1 CCE vs PAS

Hausswirth et al. 2011 :

Les participants ont évalué la douleur musculaire perçue dans les membres inférieurs après chaque intervention sur une EVA allant de 0 "pas de douleur" à 100 "douleur maximale"

Chez tous les participants, la douleur perçue a augmenté de manière statistiquement significative immédiatement après l'exercice et elle est restée élevée après 1h, 24h et 48h par rapport au niveau de référence ($p<0,05$).

La douleur a diminué dès 1h après l'exercice après la première séance de CCE par rapport aux valeurs otenues après l'exercice (p<0,05) alors que la douleur n'a pas été modifiée par la récupération passive dans le groupe PAS pendant les 48h qui suivaient l'exercice (p<0,05).

Russel et al. 2017 [65] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire perçue dans les membres inférieurs sur une échelle de Likert sur 7 points, ce qui correspond à une EN sur 7.

L'élévation par rapport à la valeur de référence était statistiquement significative uniquement immédiatement après l'exercice dans les deux groupes (p<0,001 ; IC à 95% = 1 à 3).

La douleur perçue n'a pas été influencée de manière statistiquement significative par le traitement au fil du temps (P=0,558).

3.3.2.2 CCE vs PL

Costello et al 2012 [57] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire perçue dans les extenseurs du genou du membre inférieur gauche sur une EVA allant de 1 « normal, pas de douleur » à 10 « très très douloureux ».

Dans les deux groupes, la douleur musculaire perçue augmente de façon statistiquement significative (p<0,05) par rapport à la valeur de référence et elle reste élevée jusqu'à 96h après l'exercice.

Cependant, aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les groupes au cours du temps (p = 0,88).

3.3.3 Immersion en eau froide

3.3.3.1 IEF vs PAS

Glasgow et al. 2014 [62] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire perçue dans les ischio-jambiers durant les activités de la vie quotidienne (AVQ) sur une EVA de 10cm allant de « pas de douleur » à « maximum de douleur ».

Il existe un effet significatif dans le temps pour tous les résultats (p<0,001). La douleur a atteint un pic 48h après l'exercice dans tous les groupes dans les deux conditions.

Des grandes tailles d'effet ont été mesurées en faveur du groupe d'IEF de 10 min à 6°C et par rapport au PAS à 48h (différence de moyenne de 2,05 cm ; IC à 95 % = 0,4 à 4,5) et 72h après l'exercice (différence de moyenne de 1,06 cm ; IC à 95 % = 0,2 à 2,32).

Ces différences semblent cliniquement pertinentes sur une échelle sur 10 cm. De plus les IC à 95% correspondants sont assez précis pour que l'effet observé soit significatif dans la population en pratique (similaire à l'échantillon).

Ingram et al. 2009 [66] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire perçue sur une échelle de Likert de 10 points, ce qui correspond à une EN.

La douleur musculaire perçue était significativement plus élevée que la valeur de référence immédiatement après l'exercice, ainsi que 24h et 48h après l'exercice dans les deux groupes ($p<0,05$).

Aucune différence statistiquement significative n'a été constatée entre les groupes immédiatement après l'exercice ($p>0,05$). Cependant, les valeurs à 24h et 48h après l'exercice étaient plus faibles après l'IEF par rapport à celles du groupe PAS, ces différences étant statistiquement significatives ($p<0,05$ avec $d = 1,48$ à 24h).

Machado et al. 2016 [24] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire perçue dans les membres inférieurs durant une contraction maximale isométrique sur une EVA allant de 0 « pas de douleur » à 10 « douleur extrême ».

Les douleurs musculaires ont augmenté après le protocole excentrique et ont atteint un pic immédiatement et 48h après l'exercice dans tous les groupes ($p<0,05$). Et tous les groupes ont une diminution de la douleur à partir de 72h après l'exercice, les valeurs n'étant plus statistiquement différentes des valeurs de référence ($p<0,05$).

Les groupes d'IEF ont tous les deux montré une réduction de la douleur perçue immédiatement après l'intervention et 40min après l'exercice pour le groupe à 9°C ($p<0,05$). Cependant aucune différence statistiquement significative entre les groupes n'a été observée ($p = 0,299$).

White et al. 2014 [70] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire perçue durant une contraction excentrique et une contraction concentrique sur une EN allant de 0 « pas de douleur à 10 « douleur atroce ».

La douleur perçue a atteint son maximum immédiatement après l'exercice dans tous les groupes (IEF 10min à 10°C et 30min à 10°C, PAS) lors de la contraction concentrique ($p < 0,01$) et lors d'une contraction excentrique ($p<0,05$). Elle est restée supérieure à la mesure de référence à 24h lors de la contraction concentrique ($p<0,05$) et lors de la contraction excentrique ($p<0,05$). Après 48 heures, les douleurs sont revenues à leur niveau de référence lors des deux conditions.

Cependant aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les groupes d'IEF et le groupe PAS ($p>0,05$).

Leeder et al 2015 [63] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire perçue durant un squat sur une EVA de 200 millimètres allant de « pas de douleur » à 200 millimètres « extrêmement douloureux ».

L'exercice a provoqué une augmentation statistiquement significative des douleurs perçues après l'exercice ($p<0,001$) avec un pic de douleur atteint 24h après l'exercice pour les groupes PAS et IEF en position assise et 48h après l'exercice pour le groupe IEF en position debout.

48h après l'exercice, le groupe IEF assis avait un niveau de douleur inférieur à celui du groupe IEF debout (différence moyenne ± IC à 90 % = -63 ± 34 ; taille de l'effet = 1,86 ; p = 0,001). Cette différence est statistiquement significative et paraît cliniquement pertinente (31,5%). De plus d'après l'IC ce résultat est applicable dans la population en pratique (similaire à l'échantillon).

Cependant il n'existe pas de différence statistiquement significative entre le groupe IEF assis et le groupe PAS (différence moyenne ± IC à 90% = -28 ± 39 ; d = 0,64 ; p = 0,141). D'après l'IC le résultat n'est pas applicable dans la population en pratique.

Le groupe IEF debout avait quant à lui un niveau de douleur supérieur à celui du groupe PAS (différence moyenne ± IC à 90% = 35 ± 27 ; d = 1,25 ; p = 0,053). Cette différence est statistiquement significative, cliniquement pertinente (17,5%) et applicable dans la population en pratique.

Bailey et al. 2007 [59] :

Les participants ont évalué la douleur perçue au repos sur une EVA allant de 1 à 10.

L'exercice a entraîné des douleurs musculaires qui ont atteint un pic immédiatement après l'exercice et de nouveau 24h plus tard dans les deux groupes ($p<0,05$).

Une diminution statistiquement significative de la douleur a été observée dans le groupe IEF, 1h, 24h et 48h après l'exercice par rapport au groupe PAS ($p<0,05$). Cette diminution a 95% de chance de ne pas être due au hasard.

Mais 168 heures après l'exercice les valeurs ne sont plus statistiquement différentes des valeurs de référence dans les deux groupes ($p>0,05$).

Tabben et al. 2018 [69] :

Les participants ont évalué les douleurs musculaires perçues sur une échelle allant de 1, l'extrémité positive, à 7, l'extrémité négative.

Après 24h, une différence modérée a été observée entre le groupe IEF et le groupe PAS, par rapport aux scores obtenus avant l'exercice (d = 0,60 ; IC à 90% = [-1,27 ; 0,08]). Selon les auteurs, l'utilisation de l'IEF aurait "vraisemblablement" entraîné une diminution modérée des DOMS, c'est-à-dire l'effet aurait entre 75 et 95% de vraisemblance d'être supérieur au plus petit changement valable (d = 0,2).

Cependant d'après l'IC à 90% correspondant, cette différence n'est pas applicable dans la population en pratique (similaire à l'échantillon).

Lindsay et al. 2017 [54] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire au repos sur une EVA allant de 0 "aucune douleur" à 10 "la douleur la plus grave possible".

La douleur perçue est réduite de manière statistiquement significative dans le groupe IEF par rapport au groupe PAS, immédiatement après l'intervention ($p<0,05$; $d=1,11$) et 1h après ($p<0,01$; $d=1,11$) avec un effet fort et 24 heures après ($p<0,05$; $d=0,48$) avec un effet moyen. Cela veut dire qu'on a 99% de chance à 1h et 95% de chance immédiatement après l'intervention et à 24h que l'effet observé ne soit pas dû au hasard.

Stenson et al. 2017 [68]:

Les participants ont évalué la douleur musculaire sur une échelle allant de 0 à 7.

L'élévation de la douleur musculaire perçue immédiatement après l'exercice par rapport la valeur de référence obtenue avant la séance d'entraînement était statistiquement significative ($p = 0,02$). Elle est restée élevée par rapport à cette valeur jusqu'à 24 heures après l'exercice ($p = 0,02$).

Cependant aucune différence statistiquement significative n'a été constatée entre les traitements (IEF et PAS) au fil du temps ($p = 0,53$).

Siqueira et al. 2018 [55] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire perçue dans les quadriceps, lors de 3 assis-debout successifs (AD) et d'une contraction volontaire maximale isométrique (CVMI), sur une EVA de 100 millimètres allant de 0 « pas de douleur » à 100 « douleur sévère ».

Le pic des DOMS a été atteint dans les deux groupes 48h après l'exercice pour les deux conditions.

La douleur perçue est moins élevée dans le groupe IEF par rapport au groupe PAS pour la CVMI à 168h ($p = 0,009$; $d = 0,678$) et pour la AD à 96h ($p = 0,046$; $d = 0,717$) et 168h ($p = 0,014$; $d = 1,131$). Les différences observées sont statistiquement significatives et les taille d'effet seraient modérées.

Le groupe IEF est revenu aux valeurs obtenues avant l'exercice à 168h pour les deux conditions, que ce soit la CVMI ($p = 0,317$; $d = 0,318$) ou la AD ($p = 0,109$; $d = 0,339$).

Alors que le groupe de PAS ne revient pas aux valeurs de base à 168h pour les deux conditions, que ce soit la contraction isométrique volontaire maximale ($p = 0,008$; $d = 0,485$) ou la tâche assis-debout ($p = 0,008$; $d = 1,017$).

Fonseca et al. 2016 [27] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire perçue sur une EVA allant de 0 à 10.

Par rapport aux valeurs de référence, les scores étaient significativement plus élevée à 24h après la l'exercice (différence = 2,3 ± 1,3 ; $p<0,001$; IC à 95% = 1,6 à 3,0 ; $d = 0,8$) mais pas à 48h (différence = 1,0 ± 1,2 ; $p = 0,58$; IC à 95% = -2,9 à 1,2 ; $d = 0,2$).

Cependant aucune différence statistiquement significative n'a été observée pour l'IEF par rapport au PAS.

Pointon 2011 et al [67] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire perçue à l'aide d'une EN allant de 0 « pas de douleur » à 10 « très très douloureux ».

Les valeurs de la douleur musculaire perçue ont augmenté de manière statistiquement significative ($p<0,05$) après l'exercice et sont restées élevées au-dessus des valeurs de référence obtenues avant l'exercice pendant la période de récupération de 24h ($p = 0,01$).

Par rapport au groupe PAS, la douleur musculaire perçue a été réduite de manière statistiquement significative dans le groupe IEF uniquement immédiatement après l'intervention ($p = 0,02$). La différence observée a 98% de chance de ne pas être due au hasard.

3.3.3.2 IEF vs PLACEBO

Dantas et al. 2019 [61] :

Les participants ont évalué les douleurs musculaires perçues au repos, après un auto-étirement et une contraction isométrique du quadriceps sur une EVA de 100mm.

La douleur n'a pas changé dans la plupart des évaluations au cours de l'étude par rapport aux valeurs de références. L'effet du temps n'est pas statistiquement significatif que ce soit, au repos ($p= 0,257$), à l'auto-étirement ($p= 0,153$) ou à la contraction isométrique ($p= 0,340$).

Il n'existe pas non plus de différence statistiquement significative entre les groupes au fil du temps que ce soit au repos ($p = 257$), à l'auto-étirement ($p = 0,726$) ou à la contraction isométrique ($p = 0,514$).

Barber et al. 2017 [26] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire durant un squat sur une EVA de 200 mm allant de 0 « pas de douleur » à 200 mm « douleur insupportable ».

	Post-ex	24h post	48h post
Différence de moyenne intergroupe (IEF vs PL) par rapport aux valeurs de référence [IC à 90%] (n=16)	6,1 [1,3 – 10,9]	-20,1 [-26,7 ; -13,5]	-7,1 [-10,7 ; -3,5]
Inférence qualitative concernant la magnitude de l'effet (% de vraisemblance)	Pas clair	Vraisemblablement plus bas (87%)	Très vraisemblablement plus bas (99%)
Taille d'effet (d de Cohen)	0,52 (modéré)	-1,26 (grande)	-0,82 (grande)

Une augmentation des douleurs musculaires a été observée à la suite de l'exercice dans les deux groupes. La douleur a atteint son maximum immédiatement après l'exercice dans le groupe IEF et 24h après dans le groupe PL.

De grandes tailles d'effet ont été observées pour les différences intergroupes par rapport aux valeurs de référence, à 24h et 48h après l'exercice, avec un avantage respectif vraisemblable et très vraisemblable de l'IEF dans la réduction de la douleur par rapport au PL.

D'après les IC à 90% indiqués, on peut dire que la réduction de douleur observée dans le groupe IEF de 20,1 mm 24h après l'exercice et de 7,1 mm 48h après l'exercice est applicable dans la population en pratique (similaire à celle de l'échantillon). L'IEF est a permis de réduire les douleur 24h et 48h après l'exercice par rapport au PL de 10,05% à 24h et de 3,55% à 48h.

Ascensao et al. 2011 [58] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire perçue dans les quadriceps, les ischio-jambiers, les muscles du mollet et les muscles adducteurs de hanche sur une EN allant de 0 « absence de douleur » à 10 « douleur très intense ».

Les douleurs perçues ont augmenté de manière statistiquement significative, par rapport aux valeurs de référence obtenues avant l'exercice, 30min et à nouveau 24h après pour les quadriceps, les ischio-jambiers et les muscles du mollet ($p<0,05$).

L'utilisation de l'IEF a réduit la perception des douleurs de manière statistiquement significative par rapport au PL uniquement à 24h pour les quadriceps et les muscles du mollet et à 30min pour les muscles adducteurs de hanche ($p<0,05$).

Bouzid et al. 2018 [60] :

Les participants ont évalué la douleur musculaire perçue dans les quadriceps et les ischio-jambiers sur une EN allant de 0 « absence de douleur » à 10 « douleur très intense ».

Les douleurs musculaires ont augmenté de manière statistiquement significative par rapport aux valeurs de référence ($p < 0,05$) dans le groupe PL immédiatement après l'intervention, à 24h et à 48h et dans le groupe IEF immédiatement après l'intervention et à 24h.

L'utilisation de l'IEF a réduit de manière statistiquement significative les douleurs musculaires à 0h, 24h et 48h par rapport au PL ($p<0,05$).

4. Discussion

4.1 Analyse des principaux résultats

4.1.1 Cryothérapie corps entier

L'étude d'Hausswirth [64] est la seule étude qui a étudié l'effet de multiples expositions au fil des jours suivant l'exercice. La première exposition ou la PAS étaient réalisées après l'exercice puis 24h et 48h après. Il a observé une diminution statistiquement significative des douleurs musculaires dès la première exposition de CCE 1h après l'exercice mais pas pour la PAS sur toute la période de récupération (jusqu'à 48h). Cette diminution a 95% de chance de ne pas être due au hasard. Cependant il ne compare pas les groupes entre eux et cet effet pourrait potentiellement provenir d'un effet analgésique car les mesures sont prises après chaque intervention.

D'après Russel [65] la douleur perçue n'a pas été influencée de manière statistiquement significative par la CCE par rapport à la PAS. Cependant elle étudie uniquement les effets à court terme (jusqu'à 24h). On ne sait donc pas si on aurait pu observer des différences significatives après 24h.

Costello [57] a utilisé la même température et durée d'exposition (3 min à -110°C) que Hausswirth [64] qui est fréquemment rencontrée dans la littérature. Cependant l'exposition a été réalisée 24h après et de nouveau 2h après, donc après l'apparition des DOMS. La CEE n'a pas permis de réduire de manière statistiquement significative la douleur musculaire perçue par rapport au PL.

Wilson [56] évalue également les effets de la CCE par rapport à un PL. Le groupe CCE a eu une réduction moyenne de 1 point (sur 7) cliniquement significative par rapport au PL à 24h et 48h. Cependant l'effet n'est pas clair, l'IC à 90% n'étant pas assez précis, le résultat observé ne sera pas toujours en faveur de la CCE si on l'applique à la population en pratique (similaire à cet échantillon). Une taille d'échantillon plus importante aurait peut-être permis de confirmer le résultat. On ne peut donc pas conclure que la CCE est efficace par rapport au PL. Une potentielle limite de cette étude à prendre en compte est qu'elle a utilisé une température d'exposition moins froide (-85°C) que ce que l'on trouve normalement dans la littérature (-110 à -140°C), car la machine utilisée ne pouvait pas aller en dessous de cette température.

Les différentes études n'ont pas montré de différence statistiquement significative entre la CCE et la PAS ou entre la CCE et le PL.

4.1.2 Immersion en eau froide

Parmi toutes les études, Dantas [61] est la seule étude dans toute cette revue où le protocole utilisé pour induire des dommages musculaires, une course de trail de 10km, n'a pas entrainé une augmentation significative de la douleur par rapport aux valeurs de base. La douleur n'a pas changé dans la plupart des évaluations au cours de l'étude par rapport à ces valeurs. Et même d'après l'auteur, certains coureurs n'ont montré aucun signe de douleur. Cela peut provenir du fait que les participants étaient des coureurs entrainés à ce genre d'exercice (cf. repeated bout effect). Il n'existe pas non plus de différence statistiquement significative entre les groupes au cours du temps.

Glasgow, Machado, Leeder, White [11,24,62,70] ont comparé différents protocole d'IEF. Dans l'étude de White [70], aucune différence statistiquement significative ni cliniquement pertinente n'a été observée entre les groupes d'IEF (10min ou 30min à 10°C) et le groupe PAS.

Glasgow [62] a observé une tendance en faveur de l'IEF de 10 min à 6°C par rapport à la PAS. La température de l'eau semble ainsi être la variable la plus importante concernant les effets cliniques. Cette IEF a permis une réduction de 20% à 48h et de 10% 72h après l'exercice par rapport à PAS, ce qui parait cliniquement pertinent. De plus les IC à 95% correspondant indiquent que l'effet observé est significatif dans la population en pratique (similaire à celle de l'échantillon) qui sont des étudiants de 18 à 35 ans.

D'après Machado [24], les groupes d'IEF (15min à 9°c ou 14°C) ont tous les deux montré un effet immédiat de réduction de la douleur. La réduction est statistiquement significative immédiatement après l'intervention et 40min après l'exercice pour le groupe à 9°C. Cependant aucune différence statistiquement significative entre les groupes n'a été observée.

Cette réduction pourrait provenir de l'effet analgésique de l'IEF qui serait présent à court terme [59]. Le refroidissement des tissus permettrait de réduire la vitesse de conduction nerveuse et l'activité des mécanorécepteurs. Cependant la période précise de cet effet est toujours incertaine et pourraient varier entre 3min et 3h [24].

Leeder [63] a comparé la position assise et debout. Le pic de douleur était atteint à 24h après l'exercice pour les groupes PAS et IEF assis et à 48h pour IEF debout. Le groupe d'IEF en position assise a réduit de manière statistiquement significative les douleurs de 31% par rapport au groupe d'IEF en position debout à 48h, ce qui paraît cliniquement pertinent.

Concernant les autres études, l'IEF a permis une réduction statistiquement significative par rapport au PAS avec des taille d'effets modérées à fortes pour Ingram [66] à 24h et 48h après l'exercice, pour Siqueira [55] à 96h et 168h après l'exercice et pour Lindsay immédiatement après l'intervention et 1h après l'exercice et à 24h. L'IEF a permis une réduction statistiquement significative sans valeur de taille d'effet pour Bailey [59] 1h, 24h et 48h après l'exercice et Pointon [67] immédiatement après l'intervention. L'effet observé a au moins 95% de ne pas être dû au hasard.

Aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre l'IEF et PAS pour Stenson [68], Fonseca [27] et Tabben [69].

L'IEF a permis une réduction statistiquement significative par rapport au PL pour Ascensao [58] 30min après pour les muscules adducteurs de hanche et 24h après pour les quadriceps, les ischios jambiers et les muscles du mollet et pour Bouzid [60] à 0h, 24h et 48h. L'effet observé a 95% de chance de ne pas être due au hasard.

Dans l'étude de Barber [26],on peut noter que L'IEF est a permis de réduire les douleurs par rapport au PL de 10,05% à 24h et de 3,55% à 48h après l'exercice et l'IC à 90% correspondant indique que le résultat est applicable dans la population en pratique (similaire à celle de l'échantillon). La réduction observée à 24h semble cliniquement pertinente pour les sportifs jouant en club comme c'est le cas pour la population de cette étude.

Dans l'étude de Wilson[56], la différence de moyenne observée pour l'IEF par rapport au PL à 24h et 48h est nulle. De plus la CCE a une réduction moyenne significative de 1 point par rapport à l'IEF. Cependant ces résultats ne sont pas clairs car l'IC à 90% n'est pas assez précis pour que le résultat soit applicable dans la population en pratique (similaire à celle de l'échantillon). Donc on ne peut rien dire.

On notera également que l'effet immédiat observé dans les études de Lindsay [54], Pointon [67], Bailey [59], Bouzid [60] et Ascensao [58] pourrait également provenir de l'effet analgésique, comme cela a été proposé pour l'étude de Machado [24].

Des réductions statistiquement significatives par rapport à la PAS ont été observés dans 7 études sur 13 parmi lesquelles 5 pourraient être cliniquement pertinentes.

Des réductions statistiquement significatives par rapport au PL ont été observées dans 3 études sur 5 dont 1 pertinente cliniquement.

4.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique

Les études concernant la CCE ne semblent pas justifier le coût important qu'elle représente et les risques en termes de sécurité pour le patient, comme le risque de brûlure. Les contre-indications sont nombreuses à cause des températures extrêmes qu'elle utilise. De plus, le thérapeute devra surveiller le patient tout le long de l'exposition, cependant la durée étant pas plus élevée que 3min cela ne constitue pas une contrainte importante.

Malgré des résultats différents, plusieurs études soutiennent l'utilisation de l'IEF pour atténuer les douleurs musculaires et des tailles d'effet cliniquement pertinentes existent. De plus L'IEF est une technique peu coûteuse contrairement à la CCE. Elle est peu contraignante pour le thérapeute et pour le patient et la durée est relativement courte.

Dans les articles étudiant la CCE on observe principalement une population d'athlètes entraînés [56,64,65] ou physiquement actifs pour Costello [57]. Ils concernent également une population essentiellement masculine, avec seulement Costello [57] qui inclue 4 femmes sur un échantillons de 18 participants. La population est majoritairement jeune.

Dans les articles étudiants l'IEF on observe une population composée exclusivement d'hommes, relativement jeunes et ce sont majoritairement des athlètes hautement entraînés [26,27,54,58,60,63,66,67,69], soit pratiquants amateurs entraînés [55,61,70], soit physiquement actif [24,59,62].

4.3 Qualité des preuves

Toutes les études inclues sont des essais cliniques randomisés. Cependant, les tailles d'échantillon semblent souvent inadéquates afin détecter les différences attendues.

De plus, la validité interne des études a été évaluée à l'aide de l'échelle PEDro. Les scores faibles < 4 ont volontairement été exclus de la revue. Ainsi, sur les 20 études incluses 12 d'entre elles ont un score modéré de 4 à 5 et 8 ont un score élevé de 6 à 8. La majorité des études inclues dans la revue est donc de qualité modérée.

Cependant, il existe un risque élevé de biais pour toutes les études concernant le critère de jugement de cette revue car l'intensité de la douleur est auto-évalué par le sujet. La nature des interventions rendait difficile la mise en aveugle des sujets et des thérapeutes. Ainsi, comme nous l'avons vu toutes les études ont un risque de biais d'évaluation, de performance et de détection.

Il existe également un risque élevé de différences inter-individuelles concernant la perception des douleurs musculaires survenant à la suite d'un exercice car l'évaluation de la douleur est subjective.

Les études croisées comportent aussi un risque de biais de report. Le temps de récupération pourrait être insuffisant entre deux sessions. De plus, comme nous l'avons abordé dans l'introduction, il existe un « repeated bout effect » qui pourrait potentiellement entraîner une diminution des lésions et ainsi des douleurs lors de la deuxième session [71].

Pour ces différentes raisons, il faut être prudent dans l'interprétation des résultats obtenus dans ces études.

4.4 Biais potentiels de la revue

Il est important de souligner que toutes les étapes de cette revue de littérature ont été réalisées par une seule personne. Ainsi la sélection des études et l'extraction des données n'a été effectué que part une personne, ce qui constitue un biais.

Une grille AMSTAR a été remplie (cf. annexe 1). Elle permet d'évaluer la qualité méthodologique des revues systématiques.

5. Conclusion

D'après les résultats des études et compte tenu du coût qu'elle représente on ne peut pas conseiller l'utilisation de la CCE pour la réduction des courbatures.

L'IEF même si elle est encore controversée reste, au vu des résultats en sa faveur et de son faible coût, la technique à conseiller dans ce cas.

Une vue d'ensemble des études retenues met en avant un nombre important d'études évaluant l'IEF par rapport à la CCE, 16 articles pour l'IEF contre seulement 3 pour la CCE. Cette différence peut s'expliquer du fait que cette dernière est une technique plus récente.

Et compte tenu de l'utilisation et de la popularité grandissante de la CCE par les sportifs professionnels et amateurs ainsi que le coût qu'elle représente, il existe un besoin dans la recherche concernant cette technique. Des études avec des qualités méthodologique élevée sont nécessaires avec des tailles d'échantillon assez élevées pour obtenir des différences cliniquement significatives.

De plus seulement une étude comparant la CCE et l'IEF par rapport à un contrôle remplissait les critères d'éligibilité de notre revue. L'autre étude qui comparait les deux n'a pas été inclue car elle avait un score PEDro inférieur à 4 [51]. Il existe donc également un besoin dans la recherche, d'études comparant les deux techniques dans une même étude par rapport à un groupe contrôle.

Que ce soit l'IEF et la CCE, il n'existe pas encore de gold standard. Dans les études incluses dans cette revue j'ai pu constater une grande disparité dans les modalités d'application. D'autres recherches sur les différents dosages seraient intéressantes.

Bibliographie

[1] Poppendieck W, Faude O, Wegmann M, Meyer T. Cooling and performance recovery of trained athletes: A meta-analytical review. Int J Sports Physiol Perform 2013;8:227–42. https://doi.org/10.1123/ijspp.8.3.227.

[2] Versey NG, Halson SL, Dawson BT. Water immersion recovery for athletes: Effect on exercise performance and practical recommendations. Sport Med 2013;43:1101–30. https://doi.org/10.1007/s40279-013-0063-8.

[3] Dupuy O, Douzi W, Theurot D, Bosquet L, Dugué B. An evidence-based approach for choosing post-exercise recovery techniques to reduce markers of muscle damage, Soreness, fatigue, and inflammation: A systematic review with meta-analysis. Front Physiol 2018;9:1–15. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00403.

[4] Heiss R, Lutter C, Freiwald J, Hoppe MW, Grim C, Poettgen K, et al. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS) - Part II: Treatment and Prevention. Sportverletzung-Sportschaden 2019;33:21–9. https://doi.org/10.1055/a-0810-3516.

[5] Cheung K, Hume PA, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. Sport Med 2003;33:145–64.

[6] Cleak MJ, Eston RG. Delayed onset muscle soreness: Mechanisms and management. J Sports Sci 1992;10:325–41. https://doi.org/10.1080/02640419208729932.

[7] Coudreuse JM, Dupont P, Nicol C. Delayed post effort muscle soreness. Ann Readapt Med Phys 2004;47:290–8. https://doi.org/10.1016/j.annrmp.2004.05.012.

[8] Lewis PB, Ruby D, Bush-Joseph CA. Muscle Soreness and Delayed-Onset Muscle Soreness. Clin Sports Med 2012;31:255–62. https://doi.org/10.1016/j.csm.2011.09.009.

[9] Fonda B, Sarabon N. Effects of whole-body cryotherapy on recovery after hamstring damaging exercise: A crossover study. Scand J Med Sci Sport 2013;23. https://doi.org/10.1111/sms.12074.

[10] Bleakley C, Mcdonough S, Gardner E, Gd B, Jt H, Gw D. Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise (Review) 2012.

[11] Leeder J, Gissane C, Van Someren K, Gregson W, Howatson G. Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: A meta-analysis. Br J Sports Med 2012;46:233–40. https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090061.

[12] Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA. Physiological response to water immersion: A method for sport recovery? Sport Med 2006;36:747–65. https://doi.org/10.2165/00007256-200636090-00003.

[13] Marieb EN. Anatomie et physiologie humaines. 4ème éditi. 1999.

[14] Scott W, Stevens J, Binder-macleod SA. Human Skeletal Muscle Fiber Type Classifications 2001;81:1810–6.

[15] HAS, DAQSS, EvOQSS. Liste d ’échelles validées pour mesurer la douleur 2019.

[16] Adrien Jean-pierre S, Muff G, Naets E, Karatzios C, Saubade M, Gremeaux V. Prise en charge des lésions musculaires aiguës en 2018. Rev Med Suisse 2018;14:1332–9.

[17] Coudreuse J. Pathologies musculaires du sportif. EMC - Trait Médecine AKOS 2013;8:1–6.

[18] Hotfiel T, Freiwald J, Hoppe MW, Lutter C, Forst R, Grim C, et al. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and Diagnostics. Sportverletzung-Sportschaden 2018;32:243–50. https://doi.org/10.1055/a-0753-1884.

[19] Hody S, Croisier JL, Bury T, Rogister B, Leprince P. Eccentric muscle contractions: Risks and benefits. Front Physiol 2019;10. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00536.

[20] Hyldahl RD, Chen TC, Nosaka K. Mechanisms and Mediators of the Skeletal Muscle Repeated Bout Effect. Exerc Sport Sci Rev 2017;45:24–33. https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000095.

[21] Cazorla G, Petibois C, Bosquet L, Léger L. Lactate et exercice : mythes et réalités. STAPS 2001;54:63–76.

[22] Brussières P, Brual J. Agents physiques en réadaptation : théorie et pratique. 2001.

[23] Dubois B, Esculier J. Soft-tissue injuries simply need PEACE and LOVE 2019;0:8–9. https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101253.

[24] Machado AF, Almeida AC, Micheletti JK, Vanderlei FM, Tribst MF, Netto Junior J, et al. Dosages of cold-water immersion post exercise on functional and clinical responses: a randomized controlled trial. Scand J Med Sci Sport 2017;27:1356–63. https://doi.org/10.1111/sms.12734.

[25] Halson SL. Does the Time Frame Between Exercise Influence the Effectiveness of Hydrotherapy for Recovery ? 2011:147–59.

[26] Barber S, John P, Brown F, Hill J. The Efficacy of Repeated Cold Water Immersion on Recovery Following a Simulated Rugby Union Protocol. J Strength Cond Res 2017:1. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002239.

[27] Fonseca LB, Brito CJ, Silva RJS, Silva-Grigoletto ME, Da Silva Junior WM, Franchini E. Use of cold-water immersion to reduce muscle damage and delayed-onset muscle soreness and preserve muscle power in Jiu-Jitsu athletes. J Athl Train 2016;51:540–9. https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.9.01.

[28] Sellwood KL, Brukner P, Williams D, Nicol A, Hinman R. Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: A randomised controlled trial. Br J Sports Med 2007;41:392–7. https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.033985.

[29] Sánchez–Ureña B, Martínez–Guardado I, Crespo C, Timón R, Calleja-González J, Ibañez SJ, et al. The use of continuous vs. intermittent cold water immersion as a recovery method in basketball players after training: a randomized controlled trial. Phys Sportsmed 2017;45:134–9. https://doi.org/10.1080/00913847.2017.1292832.

[30] Lombardi G, Ziemann E, Banfi G. Whole-body cryotherapy in athletes: From therapy to stimulation. An updated review of the literature. Front Physiol 2017;8. https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00258.

[31] Bertrand D, Mesure S. Whole body cryotherapy: A new therapy. Kinesitherapie 2014;14:45–55. https://doi.org/10.1016/j.scispo.2009.12.001.

[32] Cucherat M. Guide de lecture critique d'un essai thérapeutique. Med Ther 2006;12:354–8. https://doi.org/10.1684/met.2006.0036.

[33] Abaïdia AE, Lamblin J, Delecroix B, Leduc C, McCall A, Nédélec M, et al. Recovery from exercise-induced muscle damage: Cold-water immersion versus whole-body cryotherapy. Int J Sports Physiol Perform 2017;12:402–9. https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0186.

[34] Adamczyk JG, Krasowska I, Boguszewski D, Reaburn P. The use of thermal imaging to assess the effectiveness of ice massage and cold-water immersion as methods for supporting post-exercise recovery. J Therm Biol 2016;60:20–5. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.05.006.

[35] Ahokas EK, Ihalainen JK, Kyröläinen H, Mero AA. Effects of water immersion methods on postexercise recovery of physical and mental performance. J Strength Cond Res 2019;33:1488–95. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003134.

[36] Broatch JR, Petersen A, Bishop DJ. Postexercise cold water immersion benefits are not greater than the placebo effect. Med Sci Sports Exerc 2014;46:2139–47. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000348.

[37] Broatch JR, Petersen A, Bishop DJ. The Influence of Post-Exercise Cold-Water Immersion on Adaptive Responses to Exercise: A Review of the Literature. Sport Med 2018;48:1369–87. https://doi.org/10.1007/s40279-018-0910-8.

[38] De Freitas VH, Ramos SP, Bara-Filho MG, Freitas DGS, Coimbra DR, Cecchini R, et al. Effect of cold water immersion performed on successive days on physical performance, muscle damage, and inflammatory, hormonal, and oxidative stress markers in volleyball players. vol. 33. 2019. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001884.

[39] Elias GP, Varley MC, Wyckelsma VL, McKenna MJ, Minahan CL, Aughey RJ. Effects of water immersion on posttraining recovery in Australian footballers. Int J Sports Physiol Perform 2012;7:357–66. https://doi.org/10.1123/ijspp.7.4.357.

[40] Elias GP, Wyckelsma VL, Varley MC, McKenna MJ, Aughey RJ. Effectiveness of water immersion on postmatch recovery in elite professional footballers. Int J Sports Physiol Perform 2013;8:243–53. https://doi.org/10.1123/ijspp.8.3.243.

[41] Ferreira-Junior JB, Bottaro M, Vieira A, Siqueira AF, Vieira CA, Durigan JLQ, et al. One session of partial-body cryotherapy (-110°C) improves muscle damage recovery. Scand J Med Sci Sport 2015;25:e524–30. https://doi.org/10.1111/sms.12353.

[42] Hayter KJ, Doma K, Schumann M, Deakin GB. The comparison of cold-water immersion and cold air therapy on maximal cycling performance and recovery markers following strength exercises. PeerJ 2016;2016:1–17. https://doi.org/10.7717/peerj.1841.

[43] Jakeman JR, Macrae R, Eston R. A single 10-min bout of cold-water immersion therapy after strenuous plyometric exercise has no beneficial effect on recovery from the symptoms of exercise-induced muscle damage. Ergonomics 2009;52:456–60. https://doi.org/10.1080/00140130802707733.

[44] Krüger M, De Mareés M, Dittmar KH, Sperlich B, Mester J. Whole-body Cryotherapy's enhancement of acute recovery of running performance in well-trained athletes. Int J Sports Physiol Perform 2015;10:605–12. https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0392.

[45] Leeder JDC, Godfrey M, Gibbon D, Gaze D, Davison GW, Van Someren KA, et al. Cold water immersion improves recovery of sprint speed following a simulated tournament. Eur J Sport Sci 2019;19:1166–74. https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1585478.

[46] Nunes RFH, Duffield R, Nakamura FY, Bezerra EDS, Sakugawa RL, Loturco I, et al. Recovery following rugby union matches: Effects of cold water immersion on markers of fatigue and damage. Appl Physiol Nutr Metab 2019;44:546–56. https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0542.

[47] Pinto J, Rocha P, Torres R. Cold-Water Immersion Has No Effect on Muscle Stiffness After Exercise-Induced Muscle Damage. Clin J Sport Med 2018;00:1.

https://doi.org/10.1097/jsm.0000000000000682.

[48] Rowsell GJ, Coutts AJ, Reaburn P, Hill-Haas S. Effect of post-match cold-water immersion on subsequent match running performance in junior soccer players during tournament play. J Sports Sci 2011;29:1–6. https://doi.org/10.1080/02640414.2010.512640.

[49] Stanley J, Buchheit M, Peake JM, Kondo N. The effect of post-exercise hydrotherapy on subsequent exercise performance and heart rate variability. Eur J Appl Physiol 2012;112:951–61. https://doi.org/10.1007/s00421-011-2052-7.

[50] Tavares F, Beaven M, Teles J, Baker D, Healey P, Smith TB, et al. Effects of chronic cold-water immersion in elite rugby players. Int J Sports Physiol Perform 2019;14:156–62. https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0313.

[51] Wilson LJ, Dimitriou L, Hills FA, Gondek MB, Cockburn E. Whole body cryotherapy, cold water immersion, or a placebo following resistance exercise: a case of mind over matter? Eur J Appl Physiol 2019;119:135–47. https://doi.org/10.1007/s00421-018-4008-7.

[52] Yeung SS, Ting KH, Hon M, Fung NY, Choi MM, Cheng JC, et al. Effects of cold water immersion on muscle oxygenation during repeated bouts of fatiguing exercise a randomized controlled study. Med (United States) 2016;95:1–8. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000002455.

[53] Ziemann E, Olek RA, Grzywacz T, Kaczor JJ, Antosiewicz J, Skrobot W, et al. Whole-body cryostimulation as an effective way of reducing exercise-induced inflammation and blood cholesterol in young men. Eur Cytokine Netw 2014;25:14–23. https://doi.org/10.1684/ecn.2014.0349.

[54] Lindsay A, Carr S, Cross S, Petersen C, Lewis JG, Gieseg SP. The physiological response to cold-water immersion following a mixed martial arts training session. Appl Physiol Nutr Metab 2017;42:529–36. https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0582.

[55] Siqueira AF, Vieira A, Bottaro M, Ferreira-Júnior JB, Nóbrega O de T, de Souza VC, et al. Multiple Cold-Water Immersions Attenuate Muscle Damage but not Alter Systemic Inflammation and Muscle Function Recovery: A Parallel Randomized Controlled Trial. Sci Rep 2018;8:1–12. https://doi.org/10.1038/s41598-018-28942-5.

[56] Wilson LJ, Cockburn E, Paice K, Sinclair S, Faki T, Hills FA, et al. Recovery following a marathon: a comparison of cold water immersion, whole body cryotherapy and a placebo control. Eur J Appl Physiol 2018;118:153–63. https://doi.org/10.1007/s00421-017-3757-z.

[57] Costello JT, Algar LA, Donnelly AE. Effects of whole-body cryotherapy (-110°C) on proprioception and indices of muscle damage. Scand J Med Sci Sport 2012;22:190–8. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01292.x.

[58] Ascensão A, Leite M, Rebelo AN, Magalhães S, Magalhães J. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. J Sports Sci 2011;29:217–25. https://doi.org/10.1080/02640414.2010.526132.

[59] Bailey DM, Erith SJ, Griffin PJ, Dowson A, Brewer DS, Gant N, et al. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. J Sports Sci 2007;25:1163–70. https://doi.org/10.1080/02640410600982659.

[60] Bouzid MA, Ghattassi K, Daab W, Zarzissi S, Bouchiba M, Masmoudi L, et al. Faster physical performance recovery with cold water immersion is not related to lower muscle damage level in professional soccer players. J Therm Biol 2018;78:184–91. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.10.001.

[61] Dantas G, Barros A, Silva B, Belém L, Ferreira V, Castro P, et al. Cold-water Immersion Does Not Accelerate Performance Recovery after 10-km Street Run : Randomized Controlled Clinical Trial. Res Q Exerc Sport 2019;00:1–11. https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1659477.

[62] Glasgow PD, Ferris R, Bleakley CM. Cold water immersion in the management of delayed-onset muscle soreness: Is dose important? A randomised controlled trial. Phys Ther Sport 2014;15:228–33. https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2014.01.002.

[63] Leeder JDC, Van Someren KA, Bell PG, Spence JR, Jewell AP, Gaze D, et al. Effects of seated and standing cold water immersion on recovery from repeated sprinting. J Sports Sci 2015;33:1544–52. https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996914.

[64] Hausswirth C, Louis J, Bieuzen F, Pournot H, Fournier J, Filliard JR, et al. Effects of whole-body cryotherapy vs. far-infrared vs. passive modalities on recovery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. PLoS One 2011;6. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027749.

[65] Russell M, Birch J, Love T, Cook CJ, Bracken RM, Taylor T, et al. The effects of a single whole-body cryotherapy exposure on physiological, performance, and perceptual responses of professional academy soccer players after repeated sprint exercise. J Strength Cond Res 2017;31:415–21. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001505.

[66] Ingram J, Dawson B, Goodman C, Wallman K, Beilby J. Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. J Sci Med Sport 2009;12:417–21. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.12.011.

[67] Pointon M, Duffield R, Cannon J, Marino FE. Cold water immersion recovery following intermittent-sprint exercise in the heat. Eur J Appl Physiol 2012;112:2483–94. https://doi.org/10.1007/s00421-011-2218-3.

[68] Stenson MC, Stenson MR, Matthews TD, Paolone VJ. 5000 meter run performance is not enhanced 24 hrs after an intense exercise bout and cold water immersion. J Sport Sci Med 2017;16:272–9.

[69] Tabben M, Ihsan M, Ghoul N, Coquart J, Chaouachi A, Chaabene H, et al. Cold water immersion enhanced athletes' wellness and 10-m short sprint performance 24-h after a simulated mixed martial arts combat. Front Physiol 2018;9:1–8. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01542.

[70] White GE, Rhind SG, Wells GD. The effect of various cold-water immersion protocols on exercise-induced inflammatory response and functional recovery from high-intensity sprint exercise. Eur J Appl Physiol 2014;114:2353–67. https://doi.org/10.1007/s00421-014-2954-2.

[71] Costello JT, Baker PR, Minett GM, Bieuzen F, Stewart IB, Bleakley C. Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults. Cochrane Database Syst Rev 2015. https://doi.org/10.1002/14651858.CD010789.pub2.

Annexes

Annexe 1 : Grille AMSTAR

INESSS
LE SAVOIR PREND FORME

AMSTAR – GRILLE D'EVALUATION DE LA QUALITE METHODOLOGIQUE DES REVUES SYSTEMATIQUES

AMSTAR : a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews

1. Un plan de recherche établi a priori est-il fourni?

La question de recherche et les critères d'inclusion des études doivent être déterminés avant le début de la revue.

☒ Oui ☐ Non ☐ Impossible de répondre ☐ Sans objet

Remarque : *Pour que la réponse soit « oui », il doit y avoir un protocole, l'approbation d'un comité d'éthique ou des objectifs d'étude prédéterminés ou établis a priori.*	Commentaire :

2. La sélection des études et l'extraction des données ont-ils été confiés à au moins deux personnes?

Au moins deux personnes doivent procéder à l'extraction des données de façon indépendante, et une méthode de consensus doit avoir été mise en place pour le règlement des différends.

☐ Oui ☒ Non ☐ Impossible de répondre ☐ Sans objet

Remarque : *Deux personnes sélectionnent les études, deux personnes procèdent à l'extraction des données, puis elles se mettent d'accord ou vérifient leur travail respectif.*	Commentaire :

3. La recherche documentaire était-elle exhaustive?

Au moins deux sources électroniques doivent avoir été utilisées. Le rapport doit comprendre l'horizon temporel de la recherche et les bases de données interrogées (Central, EMBASE et MEDLINE, par exemple). Les mots clés et (ou) les termes MeSH doivent être indiqués et, si possible, la stratégie de recherche complète doit être exposée. Toutes les recherches doivent être complétées par la consultation des tables des matières de revues scientifiques récentes, de revues de la littérature, de manuels, de registres spécialisés ou d'experts dans le domaine étudié et par l'examen des références fournies dans les études répertoriées.

☒ Oui ☐ Non ☐ Impossible de répondre ☐ Sans objet

Remarque : *Si on a consulté au moins deux sources et eu recours à une stratégie complémentaire, cocher « oui » (Cochrane + Central = deux sources; recherche de la littérature grise = stratégie complémentaire).*	Commentaire :

4. La nature de la publication (littérature grise, par exemple) était-elle un critère d'inclusion?

Les auteurs doivent indiquer s'ils ont recherché tous les rapports, quel que soit le type de publication, ou s'ils ont exclu des rapports (de leur revue systématique) sur la base du type de publication, de la langue, etc.

☒ Oui ☐ Non ☐ Impossible de répondre ☐ Sans objet

Remarque : *Si les auteurs indiquent qu'ils ont recherché la littérature grise ou non publiée, cocher « oui ». La base de données SIGLE, les mémoires, les actes de conférences et les registres d'essais sont, en l'occurrence, tous considérés comme de la littérature grise. Si la source renfermait de la littérature grise, mais aussi de la littérature à large diffusion, les auteurs doivent préciser qu'ils recherchaient de la littérature grise ou non publiée.*	Commentaire :

5. Une liste des études (incluses et exclues) est-elle fournie?

Une liste des études incluses et exclues doit être fournie.

☒ Oui ☐ Non ☐ Impossible de répondre ☐ Sans objet

Remarque : *Il est acceptable de s'en tenir aux études exclues. S'il y a un hyperlien menant à la liste, mais que celui-ci est mort, cocher « non ».*	Commentaire :

6. Les caractéristiques des études incluses sont-elles indiquées?

Les données portant sur les sujets qui ont participé aux études originales, les interventions qu'ils ont reçues et les résultats doivent être regroupées, sous forme de tableau, par exemple. L'étendue des données sur les caractéristiques des sujets de toutes les études analysées (âge, race, sexe, données socio-économiques pertinentes, nature, durée et gravité de la maladie, autres maladies, par exemple) doit y figurer.

☒ Oui ☐ Non ☐ Impossible de répondre ☐ Sans objet

Remarque : *Ces données ne doivent pas nécessairement être présentées sous forme de tableau, pour autant qu'elles soient conformes aux exigences ci-dessus.*	Commentaire :

7. La qualité scientifique des études incluses a-t-elle été évaluée et consignée?

Les méthodes d'évaluation déterminées a priori doivent être indiquées (par exemple, pour les études sur l'efficacité pratique, le choix de n'inclure que les essais cliniques randomisés à double insu avec placebo ou de n'inclure que les études où l'affectation des sujets aux groupes d'étude était dissimulée); pour d'autres types d'études, d'autres critères d'évaluation seront à prendre en considération.

☒ Oui ☐ Non ☐ Impossible de répondre ☐ Sans objet

Remarque : *Ici, les auteurs peuvent avoir utilisé un outil ou une grille quelconque pour évaluer la qualité (score de Jadad, évaluation du risque de biais, analyse de sensibilité, etc.) ou peuvent exposer les critères de qualité en indiquant le résultat obtenu pour CHAQUE étude (un simple « faible » ou « élevé » suffit, dans la mesure où l'on sait exactement à quelle étude l'évaluation s'applique; un score général n'est pas acceptable, pas plus qu'une plage de scores pour l'ensemble des études).*	Commentaire :

8. La qualité scientifique des études incluses dans la revue a-t-elle été utilisée adéquatement dans la formulation des conclusions?

Les résultats de l'évaluation de la rigueur méthodologique et de la qualité scientifique des études incluses doivent être pris en considération dans l'analyse et les conclusions de la revue, et formulés explicitement dans les recommandations.

☒ Oui ☐ Non ☐ Impossible de répondre ☐ Sans objet

Remarque : *Voici une formulation possible : « La faible qualité des études incluses impose la prudence dans l'interprétation des résultats ». On ne peut cocher « oui » à cette question si on a coché « non » à la question 7.*	Commentaire :

9. Les méthodes utilisées pour combiner les résultats des études sont-elles appropriées?

Si l'on veut regrouper les résultats des études, il faut effectuer un test d'homogénéité afin de s'assurer qu'elles sont combinables (chi carré ou I^2, par exemple). S'il y a hétérogénéité, il faut utiliser un modèle d'effets aléatoires et (ou) vérifier si la nature des données cliniques justifie la combinaison (la combinaison est-elle raisonnable?).

☐ Oui ☒ Non ☐ Impossible de répondre ☐ Sans objet

Remarque : *Cocher « oui » si on souligne ou explique la nature hétérogène des données, par exemple si les auteurs expliquent que le regroupement est impossible en raison de l'hétérogénéité ou de la variabilité des interventions.*	Commentaire :

10. La probabilité d'un biais de publication a-t-elle été évaluée?

Une évaluation du biais de publication doit comprendre une association d'outils graphiques (diagramme de dispersion des études ou autre test) et (ou) des tests statistiques (test de régression d'Egger, méthode de Hedges et Olkin, par exemple).

☐ Oui ☒ Non ☐ Impossible de répondre ☐ Sans objet

Remarque : *Si les auteurs ne fournissent aucun résultat de test ni diagramme de dispersion des études, cocher « non ». Cocher « oui » s'ils expliquent qu'ils n'ont pas pu évaluer le biais de publication, parce qu'ils ont inclus moins de 10 études.*	Commentaire :

11. Les conflits d'intérêts ont-ils été déclarés?

Les sources possibles de soutien doivent être déclarées, tant pour la revue systématique que pour les études qui y sont incluses.

☐ Oui ☒ Non ☐ Impossible de répondre ☐ Sans objet

Remarque : *On ne peut cocher « oui » que si la source de financement ou de soutien de la revue systématique ET de chaque étude incluse est indiquée.*	Commentaire :

Appréciation générale	

©Shea et al. BMC Medical Research Methodology 2007 7:10 doi:10.1186/1471-2288-7-10.

Les remarques (en italiques), signées Michelle Weir, Julia Worswick et Carolyn Wayne, rendent compte de conversations avec Bev Shea et (ou) Jeremy Grimshaw qui ont eu lieu en juin et octobre 2008 ainsi qu'en juillet et septembre 2010.

Résumé

Contexte : Les douleurs musculaires d'apparition retardée (DOMS) sont fréquentes en pratique sportive, dans le milieu professionnel et amateur. L'optimisation de la récupération est essentielle afin de réduire les douleurs musculaires et la sensation de fatigue, de maintenir la performance et de réduire le risque de blessures. L'immersion en eau froide (IEF) est une technique communément utilisée par les sportifs. La cryothérapie corps entier (CCE) est une technique plus récente, dont la popularité est grandissante ces dernières années.

Objectif : Le but de cette revue est d'évaluer les effets de la CCE et de l'l'IEF sur les DOMS afin de savoir si la CCE représente une alternative plus intéressante.

Méthodologie de recherche : Les bases de données PubMed, Cochrane et PEDro ont été investiguées avec les mots clefs « CCE », « IEF », « DOMS », « douleur », « douleur musculaire ». Au total, 20 essais cliniques randomisés ont été sélectionnés.

Résultats et analyses : Aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre la CCE et les groupes contrôles. Des différences statistiquement significatives ont été observée entre l'IEF et les groupes contrôles dans plusieurs études, certaines cliniquement significatives.

Conclusion : D'après les résultats des études et compte tenu du coût qu'elle représente on ne peut pas conseiller l'utilisation de la CCE pour réduire les DOMS. L'IEF reste, au vu des résultats des études et de son faible coût, la technique à conseiller.

Mots-clefs : cryothérapie corps entier, immersion en eau froide, sport, douleurs musculaires d'apparition retardées

Abstract

Background : Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) is common in both professional and amateur sport. Optimizing recovery is essential to reduce muscle pain and fatigue, maintain performance and reduce the risk of injury. Cold water immersion (CWI) is commonly used by athletes. Whole body cryotherapy (WBC) is a newer technique that has become increasingly popular in recent years.

Objective : The purpose of this review is to evaluate the effects of WBC and IEF on DOMS to determine whether WBC represents a more attractive alternative.

Search methods : The PubMed, Cochrane and PEDro databases were searched using the keywords "CEC", "IEF", "DOMS", "pain", "muscle pain". A total of 20 randomized clinical trials were selected.

Results and analysis : No statistically significant differences were observed between WBC and control groups. Statistically differences were observed between CWI and control groups in several studies, some of them clinically significant.

Conclusion : Based on the results of the studies and given the cost involved, the use of the WBC cannot be recommended to reduce DOMS. CWI remains, based on the results of the studies and its low cost, the technique to be advised.

Keywords : whole body cryotherapy, cold water immersion, sport, delayed onset muscle soreness