



Impact de la cryothérapie corps entier sur la récupération musculaire chez le sportif



Impact of whole-body cryotherapy on muscular recovery in athletes

96, rue Erckmann-Chatrian, 54190 Villerupt, France

Jérôme Adam

Reçu le 15 janvier 2014 ; accepté le 30 avril 2014

RÉSUMÉ

Avec le développement de la cryothérapie corps entier (CCE), les sports d'endurance extrême (triathlon, marathon, etc.), ainsi que les sports très traumatisants comme le rugby, ont vu une manière nouvelle d'optimiser la récupération musculaire des athlètes, la prévention des blessures et la préparation à la compétition. Néanmoins, son utilisation dans ce domaine est très empirique. L'objectif de cet article est d'objectiver l'intérêt de la CCE sur la récupération musculaire par l'étude de son impact sur différents paramètres de la fatigue musculaire : hématologie, inflammation, enzymes musculaires et équilibre pro-oxydant/antioxydant. Les bases de données PubMed, ScienceDirect et EM-Consulte ont été consultées. La CCE influencerait de manière positive la récupération musculaire et agirait en prévention sur les blessures principalement en limitant la réponse inflammatoire et les dommages musculaires consécutifs à l'exercice, ainsi qu'en limitant l'oxydation des tissus à l'effort. Même si les premières recherches semblent attester de l'efficacité de la CCE, les connaissances sur le sujet sont encore pauvres. De nouvelles investigations seraient bénéfiques à la maîtrise de cette technique nouvelle.

Niveau de preuve. – Non adapté.

© 2014 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

SUMMARY

With the development of whole body cryotherapy (WBC), the extreme endurance sports (marathon, triathlon, etc.) as well as very traumatic sports like rugby saw a way to optimize the athletes muscular recovery, the injuries prevention and the preparation before competition. However, its use in this way is very empiric. The aim of this article is to objectify the interest of WBC on muscular recovery studying its impact on different parameters: haematology, inflammation, muscular enzymes and prooxydant/antioxydant balance. PubMed, ScienceDirect and EM-Consulte have been brought together. WBC could influence in a positive way the muscular recovery and could avoid injuries mainly limiting inflammatory response and muscular damages consecutive to intense exercise and tissues oxidation. Even if the first studies seem to attest of the WBC efficiency, the knowing on the subject is still poor. Some more investigations could be beneficial for the understanding and the knowledge of this recently developed technique.

Level of evidence. – Not applicable.

© 2014 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Mots clés

Corps entier
Cryothérapie
Fatigue
Inflammation
Musculaire
Récupération
Sportif

Keywords

Whole-body
Cryotherapy
Soreness
Inflammation
Muscular
Recovery
Athlete

DOIs des articles originaux :

<http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2014.06.004>, <http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2014.06.003>, <http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2014.04.004>, <http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2014.06.006>, <http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2014.06.001>, <http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2014.06.005>

Adresse e-mail :
jerome.adam@live.fr

Note de la rédaction

Cet article fait partie d'un ensemble indissociable publié dans ce numéro sous forme d'un dossier, coordonné par Michel Gedda, nommé « cryothérapie corps entier : le frisson salvateur » et composé des articles suivants :

- Gedda M. Cryothérapie corps entier : le frisson salvateur. *Kinesither Rev* 2014;14:152-3.
- Adam J. Cryothérapie corps entier : histoire, concept et matériel. *Kinesither Rev* 2014;14:152-3.
- Bertrand D. La cryothérapie corps entier : nouvelle approche thérapeutique. *Kinesither Rev* 2014;14:152-3.
- Mesure S, Catherin-Marcel B, Bertrand D. La cryothérapie corps entier : littérature et perspectives de recherches. *Kinesither Rev* 2014;14:152-3.
- Adam J. Impact de la cryothérapie corps entier sur la récupération musculaire chez le sportif. *Kinesither Rev* 2014;14:152-3.
- Croquet D, Corbut F. Cryothérapie corps entier et assurance responsabilité civile. *Kinesither Rev* 2014;14:152-3.
- Legrand C. Cryothérapie corps entier : coûts d'investissement, de fonctionnement et rentabilité. *Kinesither Rev* 2014;14:152-3.

INTRODUCTION

Un grand nombre de procédés sont à la disposition du sportif afin de limiter les effets néfastes de l'effort intense au niveau musculaire et d'améliorer sa récupération, tels que le repos évidemment, mais aussi les compléments nutritionnels, les massages, la contention, la chaleur, les étirements ou la cryothérapie locale. Initialement, la cryothérapie corps entier (CCE) a été développée pour le traitement des maladies rhumatismales inflammatoires chroniques. Cependant, il a été démontré que l'exposition à des températures extrêmement basses stimule des réactions physiologiques de l'organisme qui pourraient favoriser la récupération musculaire [1]. Ainsi, la CCE constitue désormais une aide au traitement dans les pathologies de l'appareil locomoteur comme les tendinopathies [2] ainsi que les traumatismes musculaires, articulaires ou osseux [3]. La CCE pourrait influencer la récupération musculaire de différentes façons. Tout d'abord, elle pourrait agir au niveau hématologique. En induisant une augmentation de la production des globules blancs, elle favoriserait le « nettoyage » de l'organisme après l'activité physique. Également, l'augmentation de la production des globules rouges ou la réduction de l'hémolyse, c'est-à-dire la destruction des globules rouges, consécutive à l'effort intense préviendrait l'organisme contre une anémie d'effort et par là même, contre une fatigue musculaire excessive. Le marqueur de l'hémolyse est l'haptoglobine.

La CCE pourrait également contribuer à une meilleure récupération musculaire en limitant l'inflammation consécutive à l'effort intense.

Les marqueurs de l'inflammation aigüe les plus courants sont les cytokines, la protéine C-réactive (CRP) et la prostaglandine E2 (PEG2).

Les dommages musculaires sont un bon indice de récupération. La CCE pourrait améliorer la récupération en limitant les micro-lésions liées à une activité physique intense. Les marqueurs de ces micro-lésions sont les enzymes musculaires comme la créatine kinase (CK) et la déshydrogénase lactique (LDH) ainsi que les enzymes lysosomiales.

Enfin, la CCE pourrait influencer la récupération via l'équilibre pro-oxydant/antioxydant de l'organisme. En effet, en réduisant l'oxydation ou en améliorant les capacités antioxydantes de l'organisme, la CCE réduirait les dommages liés à l'effort et donc favoriserait la récupération musculaire.

L'objectif de cet article est donc de collationner les études faites sur le sujet afin d'objectiver l'impact de la CCE sur la récupération musculaire par l'observation de ses effets sur différents paramètres de la fatigue.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les publications abordant la CCE disponibles sur les moteurs de recherche PubMed, ScienceDirect et EM-Consulte ont été regroupées. La littérature portant sur la CCE et la récupération musculaire ainsi que chacun des paramètres de celle-ci ; à savoir l'hématologie, l'inflammation, les enzymes musculaires et l'équilibre pro-oxydant/antioxydant ; a été étudiée.

Seules les études portant sur les sportifs et les athlètes de haut niveau, ainsi que sur les adultes en bonne santé et physiquement actifs, ont été retenues. Dans chacun des articles pris en compte, chaque individu a complété son activité physique habituelle par une séance de CCE durant plusieurs jours.

RÉSULTATS

Quelques-unes des études les plus récentes se sont intéressées à l'utilisation de la CCE sur l'amélioration de la récupération des capacités physiques et des dommages après effort intense.

Les résultats de ces premières études montrent une diminution des douleurs et de la sensation de fatigue musculaire ressenties et incitent donc à admettre l'effet bénéfique de la CCE sur la récupération musculaire [4-7].

Cependant, ces travaux sont peu nombreux. De plus, évaluer ce paramètre, somme toute abstrait, n'est pas chose aisée. Afin d'objectiver l'impact positif de la cryostimulation sur la récupération musculaire, il semble plus judicieux d'évaluer son impact sur les différentes composantes de la récupération.

Hématologie

Quelques travaux ont récemment étudié le statut hématologique de sportifs soumis à la CCE durant plusieurs jours. Plusieurs d'entre elles n'ont relevé aucune modification significative des composants sanguins malgré l'exposition au froid [8-11]. Au contraire, Lubkowska et al. en 2009 [12], puis Ziemann et al. en 2012 [4] ont relevé une augmentation du

Cryothérapie corps entier : le frisson salvateur

nombre de leucocytes après respectivement 10 et 5 séances de CCE. En 2012, Dybek et al. [13] ont quant à eux, mesuré une augmentation de tous les critères hématologiques (nombre d'érythrocytes, leucocytes et thrombocytes) après 2 semaines d'utilisation de la CCE.

Parmi toutes les études sur le sujet, seule celle menée par Dybek et al. [13] a mis en évidence une augmentation du nombre d'érythrocytes. Aucune n'a évoqué d'augmentation de leur volume ou du taux d'hémoglobine après utilisation de la CCE.

Au contraire, plusieurs publications rapportent une baisse du nombre d'érythrocytes et de l'hémoglobine, c'est-à-dire de la fabrication de l'hémoglobine [9–11].

En 2009, Banfi et al. [11] se sont intéressés à l'hémolyse consécutive à la pratique sportive et à l'influence de la CCE dans la limitation de ce phénomène. Les résultats ont montré une augmentation significative du taux d'haptoglobine sanguin.

Inflammation

Les études investissant l'impact de la CCE sur l'inflammation associée à l'effort intense sont nombreuses. À l'exception de celle menée par Leppäluoto et al. [14], tous les auteurs admettent une réaction anti-inflammatoire locale et systémique de l'organisme.

Des études ont été menées sur des rugbyemen [15], des coureurs [16] des tennismen [4] ou encore des hommes sains et physiquement actifs [17] ; tous les résultats montrent une augmentation de la sécrétion des cytokines anti-inflammatoires, associée à une diminution de la libération des cytokines pro-inflammatoires, de la prostaglandine E2 et de la CRP. Ceci grâce à la CCE appliquée après un exercice physique.

Enzymes musculaires

Plusieurs études ont investi les variations de l'activité des enzymes musculaires et lysosomiales chez des sportifs soumis à la CCE. Banfi et al. [15] ainsi que Ziemann et al. [4] ont étudié ces paramètres chez des populations sportives, respectivement des rugbyemen et des tennismen. Ces études ont toutes deux relaté une diminution significative des niveaux de CK après 5 jours d'exposition. La première a, en plus, rapporté une diminution de la LDH [15].

Wozniak et al. ont mené 3 études similaires : chez 21 hommes kayakistes en 2007 [18], chez 9 femmes kayakistes en 2011 [19], et enfin chez 6 rameurs d'élite en 2013 [20]. Ils ont chaque fois rapporté des résultats comparables, à savoir une diminution de l'activité de la CK et des enzymes lysosomiales.

Équilibre pro-oxydant/antioxydant

Les quelques premières études à s'intéresser à cet aspect ont rapporté l'effet bénéfique de la CCE pour aider l'organisme à lutter contre l'oxydation de ses tissus [21,22].

En 2007, Wozniak et al. [23] ont effectué une étude visant à évaluer l'impact de la CCE sur l'équilibre pro-oxydant/antioxydant chez des athlètes, 20 kayakistes olympiques. Les auteurs ont noté une nette diminution de l'oxydation des lipides grâce à la CCE, ainsi qu'une diminution de l'activité des enzymes antioxydantes.

Les études menées par ces mêmes auteurs chez des femmes kayakistes en 2009 [24] et chez des rameurs olympiques en 2011 [20] ont conduit à des résultats équivalents.

DISCUSSION

Hématologie

La littérature portant sur les changements hématologiques induits par la CCE est insuffisante et souvent hétérogène.

La plupart des études n'ont relaté aucune modification de la production des composants sanguins par la CCE. Cependant, plusieurs de ces études ne comprenaient pas de groupe témoin [9–11]. De plus, elles ont porté sur une période de temps très courte, 7 jours au maximum. Il apparaît possible qu'une modification de la production des cellules sanguines grâce à la CCE puisse survenir grâce à son application à plus long terme. Des études en ce sens seraient donc bienvenues.

Il en est de même pour la baisse du nombre d'érythrocytes et de l'hémoglobine. Encore une fois et pour les mêmes raisons, il est impossible d'en tirer des conclusions. Sans la présence d'un groupe témoin, ces diminutions pourraient tout autant être dues à l'entraînement qu'à la CCE [9–11].

Même si une seule étude a réellement investi cet aspect, les résultats semblent attester de l'efficacité de la CCE dans la réduction du phénomène d'hémolyse à l'effort [11].

Inflammation

La littérature est quasi unanime quant à l'influence anti-inflammatoire de la CCE. Dans leur étude [16], Pournot et al. expliquent l'effet anti-inflammatoire de la CCE, en plus des modifications de libération des cytokines, par une vasoconstriction au niveau musculaire.

L'étude menée par Leppäluoto et al. [14] n'a relevé aucune modification des concentrations en cytokines IL-1, IL-6 et TNF- α . Cette absence de résultats pourrait être liée au fait que les sujets n'ont pas été soumis à la CCE quotidiennement, mais 3 fois par semaine, et sans rapport avec leur activité sportive ou physique.

La CCE pourrait s'agir que sur l'inflammation aiguë, sans améliorer les capacités de l'organisme à lutter contre une inflammation qui surviendrait plus tard dans le temps.

Enzymes musculaires

Toutes les études montrent que la CCE réduirait les lésions musculaires consécutives à l'effort.

Dans leur étude, Wozniak et al. [20] l'expliquent par le fait que les séances de cryostimulation limitent la destruction de la membrane des cellules musculaires et/ou l'augmentation de la perméabilité membranaire causée par l'oxydation des tissus.

Cryothérapie corps entier : le frisson salvateur

Même si les mécanismes à l'origine de ce phénomène sont mal connus, la réduction des micro-lésions musculaires grâce à la CCE est un argument de poids en faveur de la capacité de cette technique à favoriser la récupération musculaire chez le sportif.

Néanmoins, même si tous les auteurs ont rapporté des résultats similaires, ils ont utilisé des protocoles expérimentaux très différents. Certaines études ont appliqué les séances de CCE après l'effort intense [25,26], d'autres avant [18,20,23].

Équilibre pro-oxydant/antioxydant

Toutes les études rapportent une diminution de la peroxydation des lipides grâce à la CCE.

Le statut oxydant total (SOT) est immédiatement abaissé, et de manière durable ; les systèmes antioxydants sont activés chez l'athlète soumis à la CCE.

L'exposition à des températures extrêmement basses constituerait, en soi, un stress oxydant mais à très faible mesure. Dès lors, il n'est pas nocif pour l'individu. Les systèmes naturels réagiraient en s'y adaptant afin d'assurer une meilleure réaction à ce type de stress. La CCE contribuerait ainsi au maintien de l'équilibre pro-oxydant-antioxydant de l'organisme [5].

Dans l'étude menée par Wozniak et al. [23], les auteurs ont observé une activité réduite des enzymes antioxydantes durant l'entraînement avec CCE associée à une diminution de la peroxydation des lipides. Ils l'expliquent par une diminution probable de la production d'éléments responsables de l'oxydation des tissus grâce à la CCE.

CONCLUSION

S'il y a de fortes présomptions d'effets bénéfiques de la CCE sur la récupération musculaire, les études réalisées sont encore trop peu nombreuses pour l'affirmer définitivement. De nouvelles études sont à envisager.

Points à retenir

- La cryothérapie corps entier (CCE) est depuis quelques années utilisée dans la récupération musculaire et la prévention des blessures du sportif.
- Il semblerait que la CCE limite l'inflammation observée à la suite d'un effort intense.
- La CCE limiterait les lésions musculaires et l'oxydation des tissus consécutifs à l'exercice physique.
- Trop peu d'études sur le sujet ont été réalisées pour affirmer l'effet bénéfique de la CCE sur la récupération musculaire. De nouvelles études sont à envisager.

Déclaration d'intérêts

L'auteur déclare ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

RÉFÉRENCES

- [1] Zagrobelny Z. Local and whole body cryotherapy. Wroclaw, Poland: Elsevier Urban & Partner; 2003.
- [2] Samborski W, Stratz T, Sobieska M, Mennet P, Müller W, Schulte-Mönting J. Intraindividual comparison of whole body cold therapy and warm treatment with hot packs in generalized tendomyopathy. *Z Rheumatol* 1992;51(1):25–30.
- [3] Galliera E, Dogliotti G, Melegati G, Corsi Romanelli MM, Cabitza P, Banfi G. Bone remodelling biomarkers after whole body cryotherapy (WBC) in elite rugby players. *Injury* 2013;44(8):1117–21.
- [4] Ziemann E, Olek RA, Kujach S, Grzywacz T, Antosiewicz J, Garszka T, et al. Five-day whole-body cryostimulation, blood inflammatory markers, and performance in high-ranking professional tennis players. *J Athl Train* 2012;47(6):644–72.
- [5] Banfi G, Lombardi G, Colombini A, Melegati G. Whole-body cryotherapy in athletes. *Sports Med* 2010;40(6):509–17.
- [6] Fonda B, Sarabon N. Effects of whole-body cryotherapy on recovery after hamstring damaging exercise: a crossover study. *Scand J Med Sci Sports* 2013;23(5):270–8.
- [7] Hausswirth C, Louis J, Bieuzen F, Pournot H, Fournier J, Filliard R, 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(12):e27749.
- [8] Stanek A, Cieslar G, Rosmus-Kuczia I, Matyszkiewicz B, Romuk E, Skrzep-Poloczek B, et al. Influence of whole-body cryotherapy on blood morphology parameters in patients with ankylosing spondylitis and in healthy volunteers. *Acta Bio-Optica Informatica Medica* 2006;12(3):207–10.
- [9] Banfi G, Krajewska M, Melegati G, Patacchini M. Effects of whole-body cryotherapy on haematological values in athletes. *Br J Sports Med* 2008;42:558–9.
- [10] Lombardi G, Lanteri P, Porcelli S, Mauri C, Colombini A, Grasso D, et al. Hematological profile and martial status in rugby players during whole body cryostimulation. *PLoS ONE* 2013;8(2):e55803.
- [11] Banfi G, Melegati G, Barassi A, D'Eri GM. Beneficial effects of the whole-body cryotherapy on sport haemolysis. *Sports Med* 2009;4(2):189–93.
- [12] Lubkowska A, Szygula Z, Klimek AJ, Torii M. Do sessions of cryostimulation have influence on white blood cell count, level of IL-6 and total oxidative and antioxidative status in healthy men? *Eur J Appl Physiol* 2010;109(1):67–72.
- [13] Dybek T, Szygula R, Klimek A, Tumek S. Impact of 10 sessions of whole body cryostimulation on aerobic and anaerobic capacity and on selected blood count parameters. *Biol Sport* 2012;29:39–43.
- [14] Leppäluoto J, Westerlund T, Huttunen P, Oksa J, Smolander J, Dugué B, et al. Effects of long-term whole-body cold exposures on plasma concentrations of ACTH, beta-endorphin, cortisol, catecholamines and cytokines in healthy females. *Scand J Clin Lab Invest* 2008;68(2):45–153.
- [15] Banfi G, Melegati G, Barassi A, Dogliotti G, D'Eri GM, Dugué B, et al. Effects of whole-body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes. *J Thermal Biol* 2009;34(2):55–9.
- [16] Pournot H, Bieuzen F, Louis J, Fillard JR, Barbiche E, Hausswirth C. Time-course of changes in inflammatory response after whole-body cryotherapy multi exposures following severe exercise. *PLoS ONE* 2011;6(7):e22748.

Cryothérapie corps entier : le frisson salvateur



- [17] Lubkowska A, Szygula Z, Chlubek D, Banfi G. Serum mediators of inflammation level: IL-1 α , IL-1 β , IL-6, IL-10, IL-12 and TNF- α during prolonged whole-body cryostimulation treatment with different amount of sessions in healthy men. *Scand J Clin Lab Invest* 2011;71(5):419–25.
- [18] Wozniak A, Wozniak B, Drewa G, Mila-Kierzenkowska C, Rakowski A. The effect of whole-body cryostimulation on lysosomal enzyme activity in kayakers during training. *Eur J Appl Physiol* 2007;100(2):137–42.
- [19] Mila-Kierzenkowska C, Wozniak A, Boraczynski T, Boraczynski T, Jurecka A, Augustynska B, et al. The effect of whole-body cryotherapy on the activity of lysosomal enzymes in kayaker women after intense exercise. *J Therm Biol* 2011;36(1):29–33.
- [20] Wozniak A, Mila-Kierzenkowska C, Szpinda M, Chwalbinska-Moneta J, Augustynska B, Jurecka A. Whole-body cryostimulation and oxydative stress in rowers: preliminary results. *Arch Med Sci* 2013;9(2):303–8.
- [21] Lubkowska A, Chudecka M, Klimek AT, Szygula Z, Fraczek B. Acute effect of a single whole-body cryostimulation on prooxydant-antioxydant balance in blood of health, young men. *J Thermal Biol* 2008;33(8):464–7.
- [22] Lubkowska A, Dolegowska B, Szygula Z, Klimek AT. The activity of selected enzymes in erythrocytes and levels of plasma anti-oxydants in response to single whole-body cryostimulation in humans. *Scand J Clin Lab Invest* 2009;69(3):387–94.
- [23] Woźniak A, Woźniak B, Drewa G, Mila-Kierzenkowska C, Rakowski A. The effect of whole body cryostimulation on the prooxydant-antioxydant balance in blood of elite kayakers after training. *Eur J Appl Physiol* 2007;101:533–7.
- [24] Mila-Kierzenkowska C, Woźniak A, Woźniak B, Drewa G, Rakowski A, Jurecka A, et al. Whole-body cryostimulation in kayaker women: a study of the effect of cryogenic temperatures on oxidative stress after the exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 2009;49(2):201–7.
- [25] Banfi G, Melegati G, Barassi A, Dogliotti G, D'Eiril GM, Dugué B, et al. Effetcs of whole-body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes. *J Thermal Biol* 2009;34(2):55–9.
- [26] Ziemann E, Olek RA, Kujach S, Grzywacz T, Antosiewicz J, Garsztka T, et al. Five-day whole-body cryostimulation, blood inflammatory markers, and performance in high-ranking professional tennis players. *J Athl Train* 2012;47(6):644–72.



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



MISE AU POINT

Cryothérapie corps entier et exercice



Body cryostimulation and exercise

F. Bieuzen*, J. Louis, C. Hausswirth

Institut national du sport, de l'expertise et de la performance, département de la recherche, laboratoire sport, expertise et performance, 11, avenue du Tremblay, 75012 Paris, France

Disponible sur Internet le 26 mars 2015

MOTS CLÉS

Récupération ;
Thérapies par le froid ;
Température négative ;
Cryostimulation ;
Performance ;
Sommeil

KEYWORDS

Cold therapy;
Recovery;
Cryotherapy;

Résumé L'objectif de cette revue est de réactualiser sous forme d'une synthèse, l'état des connaissances sur la cryothérapie corps entier (CCE) dans le contexte de l'exercice et plus particulièrement celui de la récupération. En effet, depuis notre précédente revue de questions sur ce thème dans *Science et Sport* en 2010 (Hausswirth et al., 2010), de nombreux points ont évolué. Tout d'abord, les connaissances scientifiques ont fortement augmenté tant par leur nombre que par la qualité pour doubler en seulement 5 ans et atteindre aujourd'hui un nombre de références supérieur à 250 (tous champs scientifiques et thèmes de recherche confondus). Le nombre de dispositifs de cryothérapie corps entier ou partiel est en constante augmentation sur le territoire français (> 30) démocratisant ainsi son accès. Enfin, une Société française de cryothérapie corps entier (SFCCE) a vu le jour en juillet 2014. Il nous apparaît alors nécessaire de proposer ce nouveau point complémentaire des revues de questions déjà existantes. Le but est de pouvoir mener des actions sur la base de preuves scientifiques mais également de poser les limites, les nouvelles questions et les perspectives de recherche sur cet outil.

© 2015 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Summary The objective of this review is to update the state of knowledge on the whole body cryotherapy (WBC) in the context of the exercise and more particularly that of recovery. Since our previous literature review on this topic in *Science et Sport* in 2010, many issues have evolved. First, scientific knowledge has greatly increased both in number and in quality to

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : francois.bieuzen@insep.fr (F. Bieuzen).

Negative
temperature;
Performance;
Sleep

double in just 5 years and now reach a number of references close to 250 (all scientific fields and combined research themes). The number of whole or partial body cryotherapy devices is increasing on French territory (> 30) facilitating its access. Finally, a French Society of Whole Body Cryotherapy (SFCCE) was established in July 2014. The goal of this update is to provide a complementary review in order to use this therapy on the basis of scientific evidence, but also to set limits, issues and research perspectives on this therapy.

© 2015 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

1. CCE et température des tissus

La CCE est principalement proposée comme un outil permettant de refroidir très rapidement les différents tissus via un gradient de température avec l'extérieur très important. L'étude des travaux récents permet aujourd'hui de relativiser ce point fondamental. En effet, malgré l'affichage de températures extrêmes pouvant aller jusqu'à -180°C en sortie de buse dans des dispositifs à azote, les baisses de température relevées au niveau de la peau (de -4°C à -14°C), des muscles ($\approx -1,1^{\circ}\text{C}$) ou au niveau central ($\approx -0,3^{\circ}\text{C}$) restent modestes. Ces différences sont notamment beaucoup moins importantes que celles mesurées lors de l'application de packs de glace ou bien de protocoles d'immersion en eau froide [2]. La raison de ces différences est relativement simple au regard des lois physiques de la thermique et notamment du coefficient de conductivité thermique ($k = W/m^2 \cdot K$) reflétant la capacité d'un matériel à transférer la chaleur. En effet, l'air dispose du plus faible coefficient de transfert de la chaleur ($0,024\text{ k}$) comparativement à la glace ($2,18\text{ k}$) ou encore à l'eau ($0,58\text{ k}$) limitant ainsi sa capacité à extraire le froid du corps comparativement aux deux autres modalités de cryothérapie. Cependant, dans le cas de la CCE, ce déficit d'extraction de chaleur lié à l'air est en partie compensé par l'exposition au froid d'une surface corporelle beaucoup plus importante comparativement aux autres techniques. Or cette surface d'exposition semble jouer un rôle important sur le refroidissement cutané car de récents travaux ont permis de mettre en avant d'importantes différences selon que le système soit ouvert (de type cabine individuelle) ou fermé (de type chambre froide). Ainsi, il apparaît que dans les systèmes ouverts, plus le gaz monte, moins le refroidissement du corps est important alors que dans les systèmes fermés le refroidissement est plus homogène, induisant une plus faible diminution de température cutanée moyenne du corps entier. L'ensemble de ces travaux pose indirectement la question de la durée optimale d'exposition pour laquelle seulement une étude a tenté d'y répondre aujourd'hui [3]. Selon ces auteurs, une exposition de 2 min à -135°C précédée de 30 s à -60°C serait suffisante pour une population de joueurs de rugby professionnels. Il est difficile d'en extraire un protocole général étant donné la spécificité de la population et les marqueurs retenus comme le soulignent les auteurs de cette étude. Cependant, ce type d'étude présente l'intérêt de poser clairement la question ainsi qu'une méthodologie pour tenter d'y répondre. D'autres méthodes doivent également être envisagées comme par exemple une modélisation mathématique des caractéristiques thermiques individuelles à partir de données simples (taille, % de masse grasse, sexe, etc.) comme cela est déjà le cas pour

d'autres outils thérapeutiques utilisant le froid. Toutefois, il apparaît aujourd'hui difficile de fixer des recommandations précises sur les durées, fréquences et/ou surfaces d'exposition sans avoir au préalable défini les seuils de températures que l'on souhaite atteindre. Ces seuils dépendent des tissus, du contexte préalable et de l'objectif fixé (i.e. thérapeutique, récupération, etc.). Dans ce contexte, les recommandations actuelles répondent avant tout à un principe de précaution pour éviter d'éventuels effets indésirables mais doivent faire l'objet d'investigations pour individualiser les protocoles en vue d'en améliorer leur efficacité.

2. CCE et récupération fonctionnelle

Plusieurs études ont testé l'efficacité de séances de CCE sur la récupération fonctionnelle dans un contexte non pathologique. Les premières se sont d'abord intéressées aux exercices induisant des dommages musculaires, puis progressivement sont parues des études réalisées en conditions plus écologiques. L'utilisation de la CCE durant la période de récupération post-exercice intéresse maintenant de nombreux sports tels que la natation synchronisée, le tennis, le kayak, les courses à pied en environnements accidentés de type trail ou encore le rugby [4–8]. Les résultats indiquent de faibles effets de la CCE sur la récupération lorsque cette technique est utilisée suite à des exercices réalisés en laboratoire induisant des dommages musculaires localisés de niveau modéré à fort. En revanche, on observe une amélioration significative de la récupération fonctionnelle lorsque la CCE est utilisée après un exercice en condition écologique et comparée à une situation de récupération passive. Par ailleurs, il est intéressant de noter que les effets bénéfiques de la CCE apparaissent dès la première exposition qui suit l'exercice fatigant et ne semblent pas majorés par la répétition d'expositions. Toutefois, jusqu'à cette année, aucune étude n'avait tenté d'introduire une condition placebo. Or la récupération fonctionnelle dans la grande majorité de ces études est évaluée à travers des mesures de performance physique qui sont susceptibles d'être influencées par un effet placebo. Dans une étude récente publiée en janvier 2015, des chercheurs allemands introduisent pour la première fois une condition placebo [8]. Les résultats indiquent une amélioration de la récupération immédiate après des exercices intermittents de haute intensité grâce à la CCE, comparativement à la condition placebo. Il semblerait donc que dans ce cas très spécifique d'exercice, la CCE présente un intérêt majeur, confirmant les résultats d'autres études sur l'immersion en eau froide. En revanche, l'utilisation de la CCE en récupération à court terme suite à des exercices

induisant des dommages musculaires ne serait que légèrement bénéfique sur le plan fonctionnel. L'utilisation de la CCE de façon chronique après des exercices induisant des dommages musculaires faibles à modérés pourrait même être contre-productive car potentiellement inhibitrice du processus anabolique. En effet, des travaux récents impliquant des exercices similaires associés à une récupération par bains froids montrent qu'une exposition chronique au froid limiterait le développement musculaire et diminuerait les gains en terme de production de force comparativement à des techniques de récupération n'utilisant pas le froid [9].

Pour résumer, il apparaît aujourd'hui que la CCE permet de faciliter la récupération fonctionnelle lorsque l'exercice n'induit que des dommages musculaires faibles (i.e. réduction de la capacité de production de force immédiate < 20 %, récupération fonctionnelle rapide (< 48 h) et $[CK]_{\text{plasma/sérum}} < \sim 1000 \text{ UI/L}$), que l'exercice est de type intermittent à haute intensité et qu'il est pratiqué en situation écologique. En revanche, si les dommages musculaires sont plus élevés ou que l'utilisation de la CCE est chronique après des séances de musculation, l'efficacité sur la récupération fonctionnelle n'est pas démontrée.

3. CCE et dommages musculaires

Bien que le froid soit très largement évoqué dans la littérature scientifique afin de limiter les dommages musculaires, peu d'études utilisant la CCE se sont intéressées à cet aspect. Dans l'ensemble, ces études ont montré que le bénéfice apporté par la CCE était faible comparativement à une situation contrôle, que ce soit après des exercices induisant de forts dommages musculaires (contractions excentriques répétées) ou des dommages musculaires faibles (entraînements répétés en tennis ou course en montagne). Ces résultats ont été confirmés récemment dans une méta-analyse Cochrane montrant que les concentrations plasmatiques en créatine kinase, lactate déshydrogénase ou aspartate aminotransférase sont très peu modifiées par une à plusieurs séances de CCE comparativement à une condition contrôle après un exercice induisant des dommages musculaires ou après un exercice en situation écologique [10].

4. CCE et inflammation

Bien que l'exposition au froid soit très largement utilisée pour limiter les processus inflammatoires après l'exercice physique ou dans le cadre de pathologies inflammatoires, ses effets physiologiques restent mal connus. Quelques études ont pu mettre en avant un effet significatif de la CCE sur le processus inflammatoire après des exercices induisant de légers dommages musculaires. Ainsi, il a été observé une augmentation en IL-1ra associée à une diminution en IL-1 β et en protéine C réactive après une session de CCE consécutive à un trail simulé de moins de 2 h [11]. De la même façon, on observe une diminution des niveaux d'IL-6, IL-1 β lorsqu'une séance de CCE est programmée avant 40 min d'exercice [12]. Ces résultats

récents renforcent les précédentes observations effectuées par Banfi et al. [13] (mais en l'absence de groupe témoin) qui montraient que 5 sessions de CCE chez des athlètes diminuaient le niveau des molécules d'adhésion intracellulaires solubles (sICAM-1), la réponse pro-inflammatoire (PGE2, IL-2, IL-8) et augmentaient la cytokine anti-inflammatoire IL-10.

Ainsi, les effets bénéfiques de la CCE sur la récupération des dommages musculaires et/ou la récupération fonctionnelle pourraient être expliqués par une diminution des processus inflammatoires. Selon l'hypothèse avancée par une équipe brésilienne [14], la CCE pourrait modifier la réponse thermorégulatrice, ayant pour effet d'accélérer la récupération après un exercice induisant des dommages musculaires via une diminution des sICAM-1 dans le sang. Ceci aurait pour conséquence de limiter la migration de neutrophiles et lymphocytes dans le tissu musculaire induisant alors une diminution de la réponse pro-inflammatoire, des radicaux libres et une augmentation de la réponse anti-inflammatoire.

5. CCE et stress oxydatif

Plusieurs études ont mesuré les effets de séances uniques ou répétées de CCE sur le stress oxydatif et la fonction antioxydante. Les résultats sont hétérogènes et influencés par de nombreux biais méthodologiques qui rendent difficile leur exploitation. Ainsi, dans une étude comparant deux groupes non entraînés dont l'un était exposé régulièrement au froid intense par CCE et l'autre non, on observe une augmentation du statut antioxydant du premier avec cependant une très faible différence entre les groupes sur la peroxydation lipidique [15]. Une autre étude de type randomisé croisé chez des athlètes entraînés en kayak montre une atténuation du stress oxydatif après 10 jours d'entraînement dans la condition CCE comparativement à la condition contrôle [16]. Toutefois les profils enzymatiques des athlètes de cette étude sont très peu communs et très différents d'une condition à l'autre. En conséquence, ceci questionne fortement sur la pertinence des conclusions que l'on peut tirer de cette étude. Néanmoins, la majorité des études montrent une augmentation de la capacité antioxydante de l'organisme lorsque celui-ci est exposé régulièrement à un froid très intense. Dans le cadre de l'exercice, certains auteurs suggèrent que l'utilisation de la CCE en récupération permettrait de favoriser un équilibre de la balance entre réactions pro- et anti-oxydantes, notamment lors des périodes d'augmentation de la charge d'entraînement. Il reste néanmoins de nombreuses interrogations parmi lesquelles l'intérêt de maintenir cet équilibre si l'objectif recherché est de favoriser les adaptations à l'entraînement et dont un déséquilibre pourrait, dans une certaine mesure, en être un stimulateur.

6. CCE et système nerveux autonome

Peu de travaux se sont intéressés à cette question. Cependant, ces quelques études ont observé que la CCE modifiait l'activité du système nerveux autonome. Une



Tableau 1 Synthèse des effets de la CCE.

Effets	Situations d'entraînement	Récupération fonctionnelle	Domages musculaires	Réponse inflammatoire	Capacité antioxydante	Système nerveux autonome	Sommeil	Adaptations à l'entraînement
Aigu	Présence de dommages musculaires	Légers	😊	😊	😊😊	😊		
		Modérés ou forts	😐	😐	😐			
	Absence de dommages musculaires (situations écologiques)		😊😊			😊	😊😊	
Chronique	Entraînement en musculation (objectif hypertrophie)							?😊?
	Entraînement intermittent de haute intensité							?😊?
	Augmentation de la charge d'entraînement						😊😊	

😊😊 : effets positifs significatifs ; 😊 : effets positifs faibles ; 😐 : absence d'effet positif ou absence de consensus ; 😞 ; effet négatif ; effet potentiellement négatif (?😊?) ou positif (?😊?) mais absence de preuves scientifiques spécifiques à la CCE actuellement.

équipe française a notamment montré qu'une exposition de 3 min à un froid très intense augmentait l'activité du système nerveux autonome avec une prédominance de la branche parasympathique [17]. Dans cette étude, l'augmentation de l'activité sympathique était mesurée à travers l'augmentation de la concentration plasmatique en catécholamines. D'un autre côté, la diminution de la fréquence cardiaque associée à une augmentation des indicateurs de la variabilité cardiaques indiquait une augmentation de l'activité parasympathique. Cette dernière serait selon les auteurs, plus sensible au système de cryothérapie corps entier que partiel, suggérant qu'une diminution importante de la température cutanée soit nécessaire pour stimuler de manière maximale le système nerveux autonome. En condition d'entraînement, les résultats sont similaires avec une augmentation de la réactivation parasympathique après un exercice épuisant suivi d'une séance de CCE comparativement à une modalité de récupération passive [5]. Bien que peu étudiée, l'influence de la CCE sur l'activité du système nerveux autonome et notamment sur l'activité parasympathique est capitale, puisque cette dernière est directement impliquée dans la récupération post-exercice et fortement corrélée à la qualité du sommeil et à l'espérance de vie. De nouvelles questions se posent alors et notamment la persistance dans le temps des effets de la CCE sur le système nerveux autonome. Est-ce transitoire? Est-ce dépendant du nombre d'expositions journalières? Est-ce dépendant de la température?

7. CCE et sommeil

La question du sommeil est aujourd'hui centrale dans la performance, qu'elle soit sportive ou cognitive. Plus particulièrement, en récupération, nombreux sont les chercheurs, médecins, physiothérapeutes, entraîneurs ou athlètes à penser que le sommeil est l'un des trois piliers de la récupération avec la nutrition et l'hydratation. Malgré ce constat, ce champ reste très peu investigué. Les premières études ayant testé les effets de la CCE sur le sommeil impliquaient des pathologies rhumatismales et notamment des patients atteints de fibromyalgie. Ces études suggèrent que la CCE ainsi que d'autres thérapies plus classiques pourraient limiter les perturbations du sommeil de ces patients. Dans le milieu sportif, deux études très récentes ont montré que la CCE pouvait améliorer la qualité du sommeil et en particulier lors des phases d'augmentation de la charge d'entraînement [6,18]. En effet, une détérioration du sommeil est classiquement rapportée pendant les périodes d'entraînement intense (latence, durée et efficacité du sommeil) ce qui n'est plus le cas lorsque les athlètes s'exposent quotidiennement à un froid très intense. L'exposition au froid permettrait de mieux supporter la charge d'entraînement et ainsi de limiter les symptômes associés au surmenage comme la réduction du sommeil, l'augmentation de la fatigue ou la dégradation des capacités physiques.

8. Conclusion et synthèse pratique

Aujourd'hui de nombreuses questions se posent encore sur la CCE dans le contexte spécifique de l'exercice que ce soit sur

ses mécanismes ou ses modalités d'application. Nous observons également une évolution des thèmes abordés dans les publications scientifiques depuis notre première synthèse en 2010 [1]. Ainsi, les premières études se sont d'abord intéressées aux effets de la CCE sur la récupération fonctionnelle consécutivement à un exercice induisant des dommages musculaires. Aujourd'hui, d'autres voies sont explorées comme le sommeil ou les situations d'augmentation de la charge d'entraînement. Les résultats sont extrêmement prometteurs même s'ils sont peu nombreux. Néanmoins, il reste à réaliser un effort de recherche afin de mieux comprendre les mécanismes physiologiques mis en jeu lors d'une exposition en CCE. L'ajout de conditions placebos, bien que difficiles à mettre en œuvre, serait également une nécessité. Enfin, on note également que le niveau de preuve est jugé faible à l'aide des échelles de quantification des biais d'études [10]. Afin d'augmenter la force des résultats, il est donc nécessaire de limiter les biais de qualité (cf. *Clinical evidence GRADE score*) par une meilleure randomisation, une systématisation de l'anonymisation des patients, données et conditions ainsi qu'une gestion statistique appropriée des pertes de données.

Sur la base des connaissances actuelles et en tenant compte des limites évoquées précédemment, nous proposons un tableau récapitulatif (Tableau 1).

Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

Références

- [1] Hausswirth C, Bieuzen F, Barbiche E, et al. Réponses physiologiques liées à une immersion en eau froide et à une cryostimulation-cryothérapie en corps entier: effets sur la récupération après un exercice musculaire [Physiological responses after a cold-water immersion and a whole-body cryostimulation: Effects on recovery after a muscular exercise]. *Sci Sports* 2010;25(3):121–31.
- [2] Bleakley CM, Bieuzen F, Davison GW, et al. Whole-body cryotherapy: empirical evidence and theoretical perspectives. *J Sports Med* 2014;5:25–36.
- [3] Selfe J, Alexander J, Costello JT, et al. The effect of three different (–135 degrees C) whole body cryotherapy exposure durations on elite rugby league players. *PLoS ONE* 2014;9(1):e86420.
- [4] Hausswirth C, Louis J, Bieuzen F, 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(12):e27749.
- [5] Schaal K, Le Meur Y, Bieuzen F, et al. Effect of recovery mode on postexercise vagal reactivation in elite synchronized swimmers. *Appl Physiol Nutr Metab* 2013;38(2):126–33.
- [6] Schaal K, Le Meur Y, Louis J, et al. Whole-body cryostimulation limits overreaching in elite synchronized swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 2014.
- [7] Ziemann E, Olek RA, Kujach S, et al. Five-day whole-body cryostimulation, blood inflammatory markers, and performance in high-ranking professional tennis players. *J Athl Train* 2012;47(6):664–72.

- [8] Kruger M, de Mares M, Dittmar KH, et al. Whole-body cryotherapy enhances acute recovery of running-performance in well-trained athletes. *Int J Sports Physiol Perform* 2015.
- [9] Roberts LA. Cellular, molecular and physiological effects of post-resistance exercise cold water immersion. Implications for subsequent performance. Australia: The University of Queensland; 2014.
- [10] Costello JT, Baker PRA, Minett GM, et al. Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2013;10.
- [11] Pournot H, Bieuzen F, Louis J, et al. Time-course of changes in inflammatory response after whole-body cryotherapy multi exposures following severe exercise. *PLoS ONE* 2011;6(7):e22748.
- [12] Mila-Kierzenkowska C, Jurecka A, Wozniak A, et al. The effect of submaximal exercise preceded by single whole-body cryotherapy on the markers of oxidative stress and inflammation in blood of volleyball players. *Oxid Med Cell Longev* 2013;2013:409567.
- [13] Banfi G, Melegati G, Barassi A, et al. Effects of whole-body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes. *J Therm Biol* 2009;34(2): 55–9.
- [14] Ferreira-Junior JB, Bottaro M, Loenneke JP, et al. Could whole-body cryotherapy (below -100degrees C) improve muscle recovery from muscle damage? *Front Physiol* 2014; 5:247.
- [15] Miller E, Markiewicz L, Saluk J, et al. Effect of short-term cryostimulation on antioxidative status and its clinical applications in humans. *Eur J Appl Physiol* 2012;112(5):1645–52.
- [16] Mila-Kierzenkowska C, Wozniak A, Wozniak B, et al. Whole-body cryostimulation in kayaker women: a study of the effect of cryogenic temperatures on oxidative stress after the exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 2009;49(2):201–7.
- [17] Hauswirth C, Schaal K, Le Meur Y, et al. Parasympathetic activity and blood catecholamine responses following a single partial-body cryostimulation and a whole-body cryostimulation. *PLoS ONE* 2013;8(8):e72658.
- [18] Bouzigon R, Ravier G, Dugue B, et al. The use of whole-body cryostimulation to improve the quality of sleep in athletes during high level standard competitions. *Br J Sports Med* 2014;48(7):572.



La cryothérapie corps entier : littérature et perspectives de recherches



Whole body cryotherapy: Literature and research perspectives

CNRS, UMR 7287 institut des sciences du mouvement, Aix Marseille université, 163, avenue de Luminy, case 905, 13288 Marseille cedex 09, France

Serge Mesure
Benoit Catherin-Marcel
Didier Bertrand

Reçu le 21 février 2014 ; accepté le 2 avril 2014

RÉSUMÉ

La cryothérapie corps entier (CCE) a été très fortement documentée ces derniers temps, en précisant essentiellement son rôle particulier dans les atteintes chroniques associant les phénomènes douloureux, ainsi que dans les atteintes inflammatoires. Par ailleurs, certains résultats démontrent le rôle bénéfique de ce type de prise en charge sur les performances athlétiques. En raison de ces effets sur bon nombre de mécanismes corporels entrant dans l'homéostasie (le rythme cardiaque, la respiration, la sudation, la température corporelle, la composition du sang, les troubles de l'humeur et les états neurodégénératifs), cette cryothérapie présente un intérêt spécifique à explorer. Enfin, compte tenu de la diversité des prestations possibles, le fait que ces techniques soient aisément tolérables, la sécurité et la courte durée des traitements, des possibilités prometteuses existent dans ce domaine et incitent à poursuivre les études dans l'utilisation de cette cryothérapie corps entier.

Niveau de preuve. – Non adapté.

© 2014 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

SUMMARY

Whole body cryotherapy has been strongly documented in recent times mainly specifying its particular role in chronic conditions involving painful phenomena, as well as in inflammatory conditions. Furthermore, some results show the beneficial role of this type of support on athletic performance. Because of these effects on many entering homeostasis (heart rate, breathing, sweating, body temperature, blood composition, the mood disorders and neurodegenerative conditions), this cryotherapy has specific interest to explore. Finally, given the diversity of possible benefits, the fact that these techniques are easily tolerable safety and the short duration of treatment, promising opportunities exist in this area and encourage further studies in use of this whole body cryotherapy.

Level of evidence. – Not applicable.

© 2014 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Mots clés

Articles
Cryothérapie
Neurologie
Physiologie
Recherche

Keywords

Articles
Cryotherapy
Neurology
Physiology
Research

DOIs des articles originaux :

<http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2014.06.004>, <http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2014.06.002>, <http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2014.04.004>, <http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2014.06.006>, <http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2014.06.001>, <http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2014.06.005>

Auteur correspondant.

Adresse e-mail :
serge.mesure@univ-amu.fr
(S. Mesure)

Cryothérapie corps entier : le frisson salvateur

Note de la rédaction

Cet article fait partie d'un ensemble indissociable publié dans ce numéro sous forme d'un dossier, coordonné par Michel Gedda, nommé « cryothérapie corps entier : le frisson salvateur » et composé des articles suivants :

- Gedda M. Cryothérapie corps entier : le frisson salvateur. *Kinesither Rev* 2014;14:152-3.
- Adam J. Cryothérapie corps entier : histoire, concept et matériel. *Kinesither Rev* 2014;14:152-3.
- Bertrand D. La cryothérapie corps entier : nouvelle approche thérapeutique. *Kinesither Rev* 2014;14:152-3.
- Mesure S, Catherin-Marcel B, Bertrand D. La cryothérapie corps entier : littérature et perspectives de recherches. *Kinesither Rev* 2014;14:152-3.
- Adam J. Impact de la cryothérapie corps entier sur la récupération musculaire chez le sportif. *Kinesither Rev* 2014;14:152-3.
- Croquet D, Corbut F. Cryothérapie corps entier et assurance responsabilité civile. *Kinesither Rev* 2014;14:152-3.
- Legrand C. Cryothérapie corps entier : coûts d'investissement, de fonctionnement et rentabilité. *Kinesither Rev* 2014;14:152-3.

Il existe différentes formes de cryothérapie. Nous pouvons distinguer la forme locale avec des poches de glace, *cold pack*, de gels, cryothérapie compressive, de sprays cryogènes ou encore de pulvérisation gazeuse, la forme plus globale et générale comme l'immersion en eau froide, et la cryothérapie corps entier (CCE). C'est sur cette dernière pratique et technique que nous allons tenter d'en cerner les points caractéristiques.

L'immersion en eau froide se distingue de la cryothérapie corps entier par le mode de refroidissement. En effet, dans l'immersion en eau froide il s'agit d'un refroidissement par conduction et non par convection comme en cryothérapie corps entier, ce qui change tout au niveau de la tolérance et au niveau du refroidissement en superficie et plus ou moins en profondeur (l'eau refroidit plus en profondeur que l'air [1]). L'immersion en eau froide est une méthode peu onéreuse mise en œuvre depuis plusieurs dizaines d'années, dont la pratique est à la fois répandue dans le milieu sportif (de nombreux clubs plongent leurs sportifs dans de grandes bassines d'eau glacée), mais également chez le particulier (pratique de la nage en eau froide quasi culturelle par les chinois, les japonais et les pays nordiques), voire même comme protocole rééducatif dans certaines pathologies neurologiques centrales (sclérose en plaque).

LES CARACTÉRISTIQUES DE LA CCE

Au niveau thermique

La convection est un échange thermique entre la peau et un fluide en mouvement. Les échanges se font soit entre la peau et l'air ou tout autre fluide, dans ce cas c'est une convection

extracorporelle. Si les échanges sont entre le sang et le tissu cutané, la convection est dite intracorporelle. Ce phénomène correspond à ce qu'il se passe lors de la cryothérapie corps entier. Pour que la cryothérapie soit efficace, le choc thermique est indispensable. La température cutanée doit descendre de 32 à 12 °C minimum, et ne pas passer sous les 7 °C au risque de lésions nerveuses [1].

Le contrôle de la thermorégulation est organisé par des récepteurs situés aux niveaux de la peau et des organes internes. La régulation du système se fait au niveau de l'hypothalamus : soumis à un froid extrême, il subit des modifications, en particulier des neurotransmetteurs. Ce dernier transmet le message à l'aire somesthésique du cortex. Le cortex active une réponse neurovégétative à distance. La régulation de l'homéostasie de la zone stimulée se fait par une action mécanique et enzymatique. Les systèmes noradrénergiques et sérotoninergiques sont donc perturbés [2]. Le fait d'activer l'axe hypothalamo-hypophysaire par cryothérapie a des répercussions positives sur les troubles du sommeil. En effet, chez les patients anxieux et déprimés, les effets seraient bénéfiques car la dépression serait due à un dérèglement de l'axe hypothalamo-hypophysaire [3].

Au niveau physiologique

L'exposition du visage au froid intense augmente l'activité du système nerveux sympathique, entraînant la libération de l'hormone du stress (la noradrénaline) dans la circulation sanguine, ce qui produit une augmentation de la pression artérielle et une vasoconstriction périphérique qui agit sur les muscles lisses situés dans la paroi des artérolles, proches de la surface cutanée. Leur contraction entraîne la réduction du calibre des vaisseaux, donc du flux sanguin dans les territoires cutanés, prévenant les pertes de chaleur trop importantes ainsi que l'augmentation de l'agrégation plaquettaire favorisant l'hémostasie [4]. La présence d'un choc thermique est donc primordiale pour que les effets de la CCE soient efficaces. Le froid entraîne le ralentissement de conduction nerveuse quand la température cutanée passe sous 12 °C [5]. La température de 13,6 °C est suffisante pour générer un effet analgésique. Il est donc important de contrôler la durée de séance et la température. La température de -110 °C est un froid extérieur qui touche la peau ; pour autant ce froid de surface va avoir aussi une répercussion sur la diminution de la température corporelle. Des auteurs se sont rendu compte que la température interne diminuait immédiatement après la séance (de 0,63 °C), elle revenait à la normale après 5 minutes [6]. Ainsi, l'abaissement de la température corporelle réduit l'acidité intracellulaire et l'ischémie, par l'accumulation des neurotransmetteurs excitotoxiques, et ralentit le flux de calcium intracellulaire (agissant sur la structure du muscle [7,8]).

Au niveau de la fonction respiratoire, la stimulation du système nerveux sympathique entraîne une bronchodilatation. L'étude de Smolander et al. [9] montre que le débit expiratoire maximal, mesuré avant la séance, 2 minutes après la séance et 30 minutes après la séance, n'évolue quasiment pas pendant les 12 semaines de l'étude. Pour le volume expiré maximal pendant une seconde (VEMS), il en est de même. Les auteurs expliquent le manque de différence entre la mesure avant la séance et après celle-ci par le port du masque de protection. D'après cette étude, la prise en charge de patient asthmatique doit se faire avec prudence, même si les expositions répétées, dans le caisson hypothermique, procurent une sensation de

Cryothérapie corps entier : le frisson salvateur



confort. Selon Banfi et al. [10], la cryothérapie corps entier n'entraîne pas de modification des valeurs hématologiques. Alors que pour Lubkowska et al. [11], le système immunitaire subit des modifications après le passage en caisson hypothermique. Les taux de leucocytes et d'interleukine 6 augmentent tandis que le statut oxydatif total et le statut antioxydatif total diminuent. Malgré ces variations, les valeurs restent dans les normes physiologiques. Par ailleurs, les études effectuées sur les paramètres immunologiques n'indiquent pas d'effets délétères pour une période d'étude de courte durée [12]. La taille, le poids et le sexe du patient sont des paramètres qui modifieraient la réponse de l'organisme lors de l'exposition au froid [13].

Enfin, cette CCE avec abaissement de la température semble agir contre l'inflammation. Le rendement de la respiration cellulaire est diminué, alors que le taux d'enzymes agissant sur les cellules endommagées augmente. Les médiateurs chimiques ; tel que les bradykinines, les prostaglandines et l'histamine ; sont moins produits. La perméabilité de l'endothélium des vaisseaux sanguins est réduite [14]. Ces auteurs montrent que les marqueurs immunologiques et biochimiques avant et après une semaine de traitement par CCE, chez 10 joueurs de rugby de l'équipe nationale Italienne sont modifiés. Les résultats montrent que la concentration en haptoglobine (glycoprotéine plasmatique qui se fixe à l'hémoglobine libre pour empêcher sa sortie par les urines) augmente fortement après le passage dans le caisson hypothermique. Après le traitement, les taux de leucocytes, d'érythrocytes et de plaquettes ne sont pas modifiés. Malgré une diminution de l'hémoglobine, le taux d'hématocrite est stable. D'après cette étude, l'hémolyse est diminuée après le traitement en caisson hypothermique. La CCE est donc un outil de prévention dans le milieu sportif [15].

Au niveau neurologique

Le système nerveux central, soumis à un froid intense, subit des modifications, en particulier au niveau des neurotransmetteurs [2]. Dans certaines cliniques allemandes ou autrichiennes, la CCE est utilisée pour réduire temporairement la spasticité [16]. En partant du principe que l'exposition au froid diminue la sensibilité des fuseaux neuromusculaires [17]. Ainsi, l'abaissement de la température corporelle réduit l'acidité intracellulaire et l'ischémie, par l'accumulation des neurotransmetteurs excitotoxiques et ralentit le flux de calcium intracellulaire.

Rymaszewska et al. [3] ont étudié les effets de la CCE en tant qu'adjuvant dans le traitement de la dépression et des troubles d'anxiété. Ces auteurs ont utilisé l'échelle *Hamilton's Depression Rating Scale* (HDRS) pour mesurer la dépression et l'échelle *Hamilton's Anxiety Rating Scale* (HARS) pour mesurer l'anxiété. Au cours des trois semaines de traitement, ils observent une diminution, chaque semaine, des scores de HDRS et HARS du groupe étudié par rapport au groupe contrôle. Dans le groupe étudié, 34,6 % des patients déprimés présentent une diminution de 50 % du score de départ alors que chez le groupe contrôle, cette baisse est de 2,9 %. Pour les patients anxieux traités en complément par la CCE, la diminution de 50 %, par rapport au score de départ, est de 46,2 % alors qu'elle est nulle pour ceux n'ayant pas la CCE. Selon cette étude, la cryothérapie corps entier peut avoir un rôle positif dans ce traitement car la CCE active l'axe hypothalamo-hypophysaire et le système opioïde endogène.

Dans une autre étude, Rymaszewska et al. [2] étudient l'influence de la CCE sur les symptômes de la dépression. L'anxiété, l'activité physique, les difficultés d'endormissement et la qualité du sommeil sont les symptômes qui sont améliorés par les passages dans le caisson hypothermique. Deux semaines après l'arrêt de la cryothérapie corps entier, les effets sont toujours bénéfiques. Cela s'expliquerait par l'influence de la thermorégulation sur l'hypothalamus.

Enfin, le passage dans la CCE a une action sur le système nerveux qui permet de diminuer la vitesse de transmission des influx nerveux, donc de réduire la douleur. Dans la CCE, l'ensemble du corps est exposé au froid donc tous les récepteurs thermiques présents à la surface de la peau sont stimulés. Lorsque le cerveau reçoit des messages, provenant de l'ensemble de l'organisme, l'intégration de la douleur est désorganisée. Ceci explique, la persistance du phénomène antalgique après la séance [18]. La diminution des messages nociceptifs s'explique aussi par la diminution des médiateurs de l'inflammation.

Au niveau musculaire

Peu de recherches ont été faites sur le domaine de la CCE et de la performance motrice. La difficulté dans l'analyse de la littérature traitant des bénéfices apportés par la CCE relatives aux performances musculaires est la diversité des protocoles d'étude, les conditions dans lesquelles l'effort musculaire a eu lieu (immédiatement après un match, un suivi à courte durée, à longue durée, etc.). Lors d'une séance de cryothérapie, [19,20] observent qu'après 5 minutes de pause, la force musculaire est considérablement augmentée. Malheureusement les critères et les modalités d'applications de l'expérimentation ne sont pas précisés dans cette étude. Néanmoins, ces mêmes auteurs démontrent une amélioration des performances de sprint après séance de CCE. C'est une des rares études publiées concernant l'exercice musculaire. Les auteurs précisent qu'après une séance de 2 minutes en chambre de cryothérapie à -110°C , une amélioration de la performance a été observée sur des sprints de 5, 10 et 15 m. Westerlund et al. [16] se sont centrés sur l'activité électromyographique de muscle agoniste (muscle gastrocnémien médial) et antagoniste (le muscle tibial antérieur) après un exercice de *drop-jump*. Il a été démontré que l'activité électromyographique du muscle agoniste augmentait plus que celle du muscle antagoniste. Ce résultat prouve une adaptation neuromusculaire après des séances répétées de CCE (3 séances par semaine pendant 3 mois). Dans la même étude, ces auteurs ont évalué la force maximale développée par le poignet après la CCE. L'activité électromyographique, des fléchisseurs du poignet (muscles agonistes) et des extenseurs du poignet (muscles antagonistes), est augmentée après la première séance et après 3 mois de CCE [16] et ce même si la force proprement dite de l'activité du poignet reste non significative. Un seul point reste commun dans toutes ces études, tous les sportifs étudiés ont le sentiment de réaliser l'exercice après le froid intense avec plus de facilité et moins de souffrance [21,22]. En résumé, les effets moyens de refroidissement sur la récupération des athlètes entraînés sont réduits. Cependant, dans des conditions appropriées (refroidissement du corps entier, récupération de sprint), le refroidissement après l'exercice semble avoir des effets positifs qui sont suffisamment pertinents pour les athlètes [23].

Points à retenir

- Il existe différentes techniques d'application du froid dans la prise en charge thérapeutique dont la cryothérapie corps entier.
- La CCE est utilisée dans le cadre de la reprise d'entraînement ou en tant que traitement préventif avant l'entraînement.
- La présence d'un choc thermique est donc primordiale pour que les effets de la CCE soient efficaces.
- Le système nerveux central, soumis à un froid intense, subit des modifications, en particulier au niveau des neurotransmetteurs.
- La CCE a une action sur le système nerveux qui permet de diminuer la vitesse de transmission des influx nerveux, donc de réduire la douleur.

Néanmoins, le stress oxydatif est la réponse de l'organisme à un effort important, comme lors d'entraînement sportif. Ce stress oxydatif reflète le déséquilibre entre les oxydants et les anti-oxydants et est un bon indicateur de l'état des tissus. Pour éviter le syndrome de surentraînement, l'équilibre doit se rétablir rapidement avant un nouvel entraînement. D'après une étude chez des kayakistes femmes de haut niveau, la cryothérapie corps entier, avant les entraînements, abaisse l'activité des enzymes antioxydantes et la concentration en lipides peroxydés [24]. Par ailleurs, l'exercice physique entraîne des microlésions musculaires. L'activité des enzymes lysosomales, présents dans les muscles, est augmentée après l'exercice physique. Wozniak et al. [4] ont étudié l'évolution des enzymes lysosomales après des séances de CCE suivies d'une séance d'entraînement chez des kayakistes de l'équipe nationale polonaise. Les résultats montrent que les enzymes sont présents en quantité moindre, après l'effort, par rapport au groupe contrôle (groupe n'ayant pas de CCE avant l'entraînement [4]).

CONCLUSION

Dans le milieu sportif, la cryothérapie corps peut être utilisée dans le cadre d'un team building, c'est-à-dire la capacité à structurer une équipe en leur faisant passer une épreuve. L'équipe belge de 4 m × 400 m l'a utilisée dans cette optique pour la préparation des championnats du monde indoor en 2010. Néanmoins, nous pouvons émettre l'hypothèse que la CCE n'a pas révélé tous ses secrets et ce à tous les niveaux anatomo-physiopathologiques du corps humain. Il serait bon d'en découvrir les multiples facettes afin de faire bénéficier les patients de ce type de prise en charge thérapeutique si cela s'avère justifié et démontré scientifiquement et fondamentalement.

Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

RÉFÉRENCES

- [1] Quesnot A. La cryothérapie en rééducation. *Kine Sci* 2001;416:21–9.
- [2] Rymaszewska J, Ramsey D, Chłodzińska-Kiejna S, Kiejna A. Can short-term exposure to extremely low temperatures be used as an adjuvant therapy in the treatment of affective and anxiety disorders? *Psychiatr Pol* 2007;41(5):625–36.
- [3] Rymaszewska JJ, Ramsey D, Chłodzińska-Kiejna S. Whole body cryotherapy as adjunct treatment of depressive and anxiety disorders. *Arch Immunol Ther Exp* 2008;56(1):63–8.
- [4] Wozniak A, Wozniak B, Drewa G, Mila-Kierzenkowska C, Rakowski A. The effect of whole-body cryostimulation on lysosomal enzyme activity in kayakers during training. *Eur J Appl Physiol* 2007;100(2):137–42.
- [5] Rozenblat M, Cluzeau C. Place de la neuro cryostimulation en traumatologie du sport. *J Traumatol Sport* 2006;23:52–5.
- [6] Dugué B, Smolander J, Westerlund T, Oksa J, Nieminen R, Moilanen E, et al. Acute and long-term effects of winter swimming and whole-body cryotherapy on plasma antioxidative capacity in healthy women. *Scand J Clin Lab Invest* 2005;65(5):395–402.
- [7] Miller E, Mrowicka M, Malinowska K, Zdyński K, Kedziora J. Effects of the whole-body cryotherapy on a total antioxidative status and activities of some antioxidative enzymes in blood of patients with multiple sclerosis-preliminary study. *J Med Invest* 2010;57(1–2):168–73.
- [8] Miller E, Markiewicz L, Saluk J, Majsterek I. Effect of short-term cryostimulation on antioxidative status and its clinical applications in humans. *Eur J Appl Physiol* 2012;112(5):1645–52.
- [9] Smolander J, Westerlund T, Uusitalo A, Dugué B, Oksa J, Mikkelsen M. Lung function after acute and repeated exposures to extremely cold air (–110 degrees C) during whole-body cryotherapy. *Clin Physiol Funct Imaging* 2006;26(4):232–4.
- [10] Banfi G, Lombardi G, Colombini A, Melegati G. Whole-body cryotherapy in athletes. *Sports Med* 2010;40(6):509–17.
- [11] Lubkowska A, Szygula Z, Klimek AJ, Torii M. Do sessions of cryostimulation have influence on white blood cell count, level of IL6 and total oxidative and antioxidative status in healthy men? *Eur J Appl Physiol* 2010;109(1):67–72.
- [12] Banfi G, Melegati G, Barassi A, d'Eril GM. Effects of the whole-body cryotherapy on NTproBNP, hsCRP and troponin I in athletes. *J Sci Med Sport* 2009;12(6):609–10.
- [13] Savalli L, Olave P. Cryothérapie corps entier à –110 °C. Mesure des températures cutanées et centrale chez le sportif. *Sci Sports* 2006;21:36–8.
- [14] Banfi G, Melegati G, Barassi A, Dogliotti G, Melzid'Eril G, Dugue B, et al. Effects of whole body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes. *J Therm Biol* 2009;34:55–9.
- [15] Bonomi FG, De Nardi M, Fappani A, Zani V, Banfi G. Impact of different treatment of whole-body cryotherapy on circulatory parameters. *Arch Immunol Ther Exp* 2012;60(2):145–50.
- [16] Westerlund T, Oksa J, Smolander J. Neuromuscular adaptation after repeated exposure to whole body cryotherapy (–110 °C). *J Therm Biol* 2009;34:226–31.
- [17] Westerlund T, Oksa J, Smolander J, Mikkelsen M. Thermal responses during and after whole body cryotherapy (–110 °C). *J Therm Biol* 2003;28:601–8.
- [18] Smolander J, Mikkelsen M, Oksa J, Westerlund T, Leppäluoto J, Huttunen P. Thermal sensation and comfort in women exposed repeatedly to whole-body cryotherapy and winter swimming in ice-cold water. *Physiol Behav* 2004;82(4):691–5.

Cryothérapie corps entier : le frisson salvateur



- [19] Costello JT, Algar LA, Donnelly AE. Effects of whole-body cryotherapy (-110°C) on proprioception and indices of muscle damage. *Scand J Med Sci Sports* 2012;22(2):190–8.
- [20] Fonda B, Sarabon N. Effects of whole-body cryotherapy on recovery after hamstring damaging exercise: a crossover study. *Scand J Med Sci Sports* 2013;23(5):270–8.
- [21] Hauswirth C, Bieuzen F, Barbiche E, Brisswalter J. Réponses physiologiques liées à une immersion en eau froide et à une cryostimulation-cryothérapie en corps entier : effets sur la récupération après un exercice musculaire. *Sci Sports* 2010;25(3):121–31.
- [22] Hauswirth C, Louis J, Bieuzen F, Pourmot 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(12): e27749.
- [23] 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(3):227–42.
- [24] Mila-Kierzenkowska C, Woźniak A, Woźniak B, Drewa G, Rakowski A, Jurecka A, et al. Whole-body cryostimulation in kayaker women: a study of the effect of cryogenic temperatures on oxidative stress after the exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 2009;49(2):201–7.

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/294290126>

Panorama de la cryothérapie

Article in *Revue du Podologue* · January 2016

DOI: 10.1016/j.revpod.2015.12.006

CITATIONS

0

READS

363

1 author:



Alain Frey

Hôpital de Poissy Saint Germain en Laye

30 PUBLICATIONS 155 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Muscle stiffness and hamstring strain injury [View project](#)

Panorama de la cryothérapie

La cryothérapie est une technique très utilisée dans le domaine du sport. Les effets bénéfiques du froid sont nombreux : analgésique, vasomoteur, anti-inflammatoire, myorelaxant. Les techniques sont diverses, allant de la simple vessie de glace aux chambres de cryothérapie corps entier. Cette dernière nécessite un certificat de non-contre-indication et un accompagnement par du personnel médical qualifié.

Mots clés - analgésie ; bombe de froid ; cryothérapie corps entier

Alain Frey
Chef du département
médical

INSEP, département médical
11, avenue du Tremblay,
75012 Paris, France

Overview of cryotherapy. Cryotherapy is a technique frequently used in the field of sport. The beneficial effects of cold are numerous: analgesic, vasomotor, anti-inflammatory, muscle relaxant. There are various techniques, ranging from the simple ice bag to whole body cryotherapy chambers. The latter require a certificate of non-contraindication and support from qualified medical staff.

Keywords - analgesia; cold spray; whole body cryotherapy

La cryothérapie est le traitement par le froid, quelle que soit la technique appliquée sur le corps, qui provoque une réduction de la température locale du corps (tableau 1) [1]. Elle est surtout utilisée pour calmer les douleurs liées à des pathologies d'entorses, de tendinites, de lésions musculaires. Très fréquente sur les terrains de sport, la bombe de froid est largement utilisée pour calmer la douleur suite à un choc.

Historique

L'application thérapeutique du froid est très ancienne, puisque Hippocrate l'utilisait 460 ans avant J.-C. pour soulager les douleurs et réduire les œdèmes.

Redécouvert dans les années 1950, abandonné puis repris dans les années 1970, le concept est désormais largement utilisé dans le milieu sportif mais aussi dans d'autres applications comme la protection

du cerveau lors de situations d'urgence cardiaque ou cérébrale. Afin d'évaluer de façon codifiée des résultats obtenus par l'abaissement de la température cutanée, les Japonais, puis les Arabes, ont élaboré une méthodologie scientifique.

Physiologie

L'application du froid entraîne de nombreux effets positifs : analgésique, vasoconstricteur local,

Tableau 1. Principales températures obtenues après application de froid.

	Pochede glace(10 minutes)	Immersion en eau froide (8-10 °C; 4-5 minutes)	Cryothérapie corps entier (3 minutes)
Température de la peau	-18 ^a -20 -20 ^a -20 -22 ^a -25,7-26,4	-6,2(0,5) -8,4(0,7) -9,0(0,8)	-2,5-8,7 -6,7 ^a -8,1(0,4) -12,1(1,0) -10,3(0,6) -13,7(0,7) -19,4 ^a
Température intramusculaire (2 cm de profondeur)	-1,76(1,37) -2,0 -2,0 ^a -2,7 ^a -3,88(1,83)	-1,7(0,9)	-1,2(0,7)
Température centrale	0 0	-0,2(0,1) -0,4(0,2)	0 -0,3(0,2)

Toutes les valeurs sont en °C.

^a Déviation standard non renseignée.

Source : d'après Bleakley CM, Bieuzen F, Davison GW, Costello JT. Whole-body cryotherapy: empirical evidence and theoretical perspectives. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 2014;5:25-36.

Adresse e-mail :
alain.frey@insep.fr
(A. Frey).

réduction des œdèmes, perméabilité vasculaire, diminution du métabolisme musculaire et diminution de la réponse inflammatoire suite à des dommages musculaires. C'est probablement cet ensemble de facteurs qui permet de participer à la récupération des performances physiques.

Effet analgésique

Sous l'effet du froid, la vitesse de conduction de l'information au cerveau est abaissée et entraîne une réduction immédiate de la douleur. Cette application de froid permet de diminuer le ressenti de la douleur périphérique pour des durées minimales de trois heures voire dans certains cas de la faire disparaître en cas de traumatismes très bénins. Si la douleur mécanique persiste ou récidive, il convient de s'assurer de l'origine exacte de la douleur et de rechercher une pathologie inflammatoire, infectieuse, vasculaire ou neurologique[2].

Effet vasomoteur

Les phénomènes vasomoteurs vont entraîner une réponse circulatoire souvent importante, surtout si la vasodilatation touche en profondeur les tissus. Deux actions sont possibles : l'une va jouer sur la circulation sanguine et l'autre sur la circulation lymphatique. La première réponse est la constriction des artérioles et veinules (moins de 15 minutes après). Le débit sanguin dans cette zone diminue afin que le corps puisse conserver une température centrale normale.

La vasodilatation peut être induite par le froid après une période initiale de vasoconstriction si le froid se maintient pendant plus d'environ 15 minutes ou si la température cutanée descend sous les 10 °C. Cette réaction appelée la "*Hunting reaction*" [3] est prédominante dans les zones distales où les anastomoses artérioveineuses sont très fréquentes sous la peau. Il a été

prouvé que cette réponse ne se produit pas dans les tissus profonds. Après l'arrêt de l'exposition au froid, la température des parties du corps adjacentes augmente.

Par exemple, en cas d'utilisation de la cryothérapie gazeuse, les effets vasomoteurs observés peuvent varier en fonction de l'action en profondeur sur les tissus exposés à ce type de froid. Au niveau superficiel, on décrit essentiellement trois actions :

- une vasoconstriction réflexe immédiate ;
- une vasodilatation cutanée pouvant atteindre plus de 100 % en 20 secondes (alors que l'application de froid traditionnel entraîne 80 % après 20 minutes) ;
- une normalisation des perturbations de la microcirculation veino-artériolaire présentes lors des syndromes douloureux régionaux complexes.

Sous l'effet de la pression du gaz utilisé, ces trois actions combinées provoquent une augmentation de la pression partielle en oxygène des tissus et diminuent la pression partielle en CO₂. Ces phénomènes produiraient un massage et un drainage des œdèmes, baisseraient la stase au sein des capillaires et augmenteraient le débit circulatoire afin de diminuer la quantité d'histamine, d'acide lactique et de fibrine produit localement en cas d'agression de l'organisme.

Effet anti-inflammatoire

Sous l'effet du choc thermique provoqué par l'application du froid, on retrouve une inhibition de l'action des enzymes responsables de l'inflammation, ce qui peut diminuer voire arrêter instantanément et durablement la crise inflammatoire. Ces actions sont expliquées principalement par la mise en place d'une régulation de la circulation sanguine limitant ainsi la production enzymatique et par la baisse de la synthèse de certaines métalloprotéases.

En cas de poussée inflammatoire, les capacités de lutte de l'organisme sont dépassées et peuvent ainsi favoriser la majoration des signes cliniques locaux sous l'effet d'une production accrue des métalloprotéases (collagénases, élastases, hyaluronidases) pouvant provoquer jusqu'à la nécrose des tissus touchés.

Ces métalloprotéases sont très thermosensibles et ne se synthétisent plus sous l'action du froid.

Phase vasculaire

Face à une agression quel que soit son type, l'organisme déclenche sa propre réaction inflammatoire naturelle. Il ne faut pas empêcher cette défense naturelle de l'organisme mais plutôt l'accompagner ce qui veut dire sur le plan thérapeutique de ne pas prescrire d'anti-inflammatoires à la phase initiale d'un traumatisme.

Les enzymes de l'inflammation, libérés lors de cette réaction naturelle de l'organisme, entraînent une dilatation vasculaire facilitant l'arrivée des lymphocytes puis des macrophages permettant à l'organisme de lutter contre l'inflammation quelle qu'en soit l'origine. Il apparaît alors classiquement la triade des signes cliniques ressentis par le patient à savoir rougeur, chaleur et douleur.

Effet myorelaxant

Il est constaté que la fibre musculaire se relâcherait sous l'effet de l'application locale d'une très basse température. Le mécanisme physiologique complexe de cet effet n'est pas entièrement expliqué. Des études en cours par élastographie musculaire pourraient nous apporter des informations utiles sur les effets réels de l'application de froid en cas de traumatismes et pourraient modifier les protocoles actuels d'utilisation de la cryothérapie sur le terrain et lors des soins en cabinet.

Sur le plan neurologique, la stimulation par le froid des voies réflexes médullaires pourraient inhiber l'action des motoneurons gamma et faciliter ainsi une réduction du tonus musculaire.

Autres effets

D'autres effets peuvent être enregistrés :

- une action hémostatique qui diminue le saignement ;
- le refroidissement influe sur certains paramètres endocriniens et indicateurs de dommages cellulaires. De ce fait, les médiateurs de l'inflammation (prostaglandines, leukotriènes...) sont d'une grande efficacité ;
- spasticité réduite des tissus. Une réduction de l'activité des motoneurons provoquée par l'excitation des afférences cutanées entraîne la réduction de la spasticité. Elle intervient en réduisant la décharge afférente de l'axe.

Mécanismes d'action de certaines techniques Laglace

L'application locale de froid en utilisant la glace nécessite quelques précautions d'usage afin d'éviter de brûler la peau. Cette action se fait principalement par conduction du froid entre la poche de glace et la peau mais en interposant un linge. La poche de glace contient de l'eau froide associée à des glaçons afin d'obtenir un froid uniforme sur la peau.

L'immersion en eau froide

S'ajoutent au froid les effets physiologiques de la pression hydrostatique

et de la relaxation. Cette pression facilite la réduction des œdèmes locaux participant à la diminution des phénomènes douloureux.

La relaxation induite par l'utilisation de cette technique peut favoriser la diminution de la sensation de fatigue générée par l'effort intensif pratiqué.

L'aérothérapie

Cette technique utilise des compresseurs à air qui fonctionnent avec une pression de sortie inférieure à 1 bar ne générant pas de microcristallisation en sortie de buse. Ce refroidissement par soufflage d'air froid agit par convection.

La neurocryostimulation

C'est une technique sonique dont la pression d'éjection du jet est largement supérieure à 1 bar [4]. Le gaz est expulsé sous forme de microcristaux de neige carbonique à -78 °C avec une pression aux alentours de 2,2 bars sur la peau en respectant les consignes d'utilisation. Ce choc thermique s'effectue par convection grâce au phénomène de sublimation (passage direct de l'état solide à l'état gazeux).

Dans l'utilisation de cette technique, nous retrouvons l'association de trois actions simultanées favorisant ce choc thermique local :

- un froid à très basse température (-78°C) ;
- une vitesse de refroidissement liée à la pression du gaz (50 bars à 15 °C) ;
- une onde de choc de 400 Hz à l'expulsion des microcristaux dans le cône d'éjection du jet.

Lors de l'utilisation de la cryothérapie

corps entier (CCE) (tableau 2), nous retrouvons un certain nombre d'effets systémiques bien décrits dans la littérature comme le choc thermique [4,5] :

- une augmentation du débit cardiaque et une meilleure vascularisation des tissus ;
- une réponse endocrinienne hormonale (surrénales, thyroïde, axe corticotrope...);
- un effet anti-inflammatoire et des modifications immunitaires ;
- un contrôle de la thermorégulation par récepteurs cutanés et des organes internes ;
- une régulation au niveau de l'hypothalamus par l'activation de neurotransmetteurs ;
- une réponse neurovégétative du cortex à distance avec action sur les systèmes noradrénergiques et sérotoninergiques ;
- une libération de noradrénaline entraînant une augmentation de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle, une vasoconstriction périphérique vasculaire diminuant la perte de chaleur, une bronchodilatation par stimulation du système nerveux sympathique ;
- une modification des neurotransmetteurs avec diminution de la vitesse de transmission des influx nerveux participant à la réduction de la douleur et une diminution des messages nociceptifs à cause de la diminution des médiateurs de l'inflammation ;
- une modification du statut oxydant avec, au repos, une augmentation du statut antioxydant et, à l'effort, une diminution du stress oxydatif ; cela favorise une meilleure récupération musculaire.

Tableau 2. Résumé des effets de la cryothérapie corps entier [1].

Température des tissus			Inflammation	Domages musculaires
Peau	Muscle	Centrale		
+++	+	∅	++	∅
Récupération fonctionnelle	Récupération perçue	Réhabilitation	Stress oxydatif	Système nerveux autonome
+ / ∅	+	+	++	++

Références

- [1] Bleakley CM, Bieuzen F, Davison GW, Costello JT. Whole-body cryotherapy: empirical evidence and theoretical perspectives. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 2014;5:25-36.
- [2] Hubbard TJ, Denegar CR. Does cryotherapy improve outcomes with soft tissue injury? *J Athl Train*. 2004;39(3):278-9.
- [3] Daanen HAM, Van de Linde FJG, Romet TT. The effect of body temperature on the hunting response of the middle fingerskin temperature. *Eur J Appl Physiol*. 1997;76: 538-43.
- [4] Mesure S, Catherin-Marcel B, Bertrand D. La cryothérapie corps entier : littérature et perspectives de recherches. *Kinesither Rev*. 2014;14(152-3):56-60.
- [5] Pournot H, Bieuzen F, Louis J, Mounier R, Fillard JR, Barbiche E, et al. Time course of changes in inflammatory after whole-body cryotherapy multi exposures following severe exercise. *Plos One*. 2011;6(7):e22748.
- [6] Hausswirth C. Sport et chaleur: l'apport des vestes réfrigérantes *Médecins du Sport*. 2009;94:25-6.
- [7] Webb NP, Harris NK, Cronin JB, Walka C. The relative efficacy of three recovery modalities after professional rugby league matches. *J Strength Cond Res*. 2013;27(9):2449-55.
- [8] Gregson W, Black MA, Jones H, Milson J, Morton J, Dawson B, et al. Influence of cold water immersion on limb and cutaneous blood flow at rest. *Am J Sports Med*. 2011;39(6):1316-23.
- [9] Wegmann M, Faude O, Poppendieck W, Hecksteden A, Fröhlich M, Meyer T, et al. Pre-cooling and sports performance: a meta-analytical review. *Sports Med*. 2012;42(7):545-64.
- [10] Adam J. Impact de la cryothérapie corps entier sur la récupération musculaire chez le sportif. *Kinesither Rev*. 2014;14(152-153):61-5.
- [11] Schaal K, Le Meur Y, Louis J, Filliard JR, Hellard P, Casazza G, et al. Whole-Body Cryostimulation

Les différents moyens d'application thérapeutique du froid

Vessie de glace

La vessie est remplie avec de l'eau froide dans laquelle on place des glaçons ou de la glace pilée afin d'obtenir l'application d'un froid homogène. Il faut placer un linge humide pour conduire le froid en profondeur et augmenter ainsi la durée d'efficacité tout en permettant de protéger la peau (figure 1).



Figure 1. Vessie de glace.

Bombede froid

La bombe (figure 2) renferme un gaz et permet de pulvériser du froid sur une contusion directe ou une lésion de l'appareil locomoteur en dehors de toute plaie cutanée. Il est important de respecter une certaine distance par rapport à la peau et surtout de ne pas rester trop longtemps sur la zone afin d'éviter les brûlures cutanées.



Figure 2. Bombe de froid.

Poche instantanée à usage unique

Les poches instantanées à usage unique (figure 3) sont pratiques quand on ne dispose pas de glace immédiatement. Soit il s'agit de poche contenant un sel et de l'eau séparés. En rompant cette séparation, la réaction chimique refroidit spontanément la poche. On l'applique sur la zone blessée, avec une protection intermédiaire. Soit il s'agit de poche contenant un gel et, dans ce cas, la température du gel au départ du congélateur est entre -11°C et -18°C , mais l'effet thermique est moindre que la glace car le gel épouse moins bien la surface de la zone lésée. Dans tous les cas, il faut protéger la peau avec un linge afin d'éviter les brûlures.

[6]. Elles ont été mises au point à partir de données enregistrées dans une chambre climatique où les températures et hygrométries de Pékin étaient simulées (30°C et 80% d'humidité).

Les cryovestes permettent aux sportifs de se refroidir de manière diffuse en jouant principalement sur le tronc ; elles conservent le froid grâce à un système de protection en téflon intégré dans la veste et dans lequel se logent les poches de neige en regard de la face antérieure et postérieure du tronc. Ces poches de neige sont placées dans un congélateur avant utilisation. L'avantage de ces vestes consiste en un refroidissement modéré du corps aux alentours de 20°C sans altérer ni les échanges thermiques type sudation et évaporation de la chaleur permettant à la peau de "respirer", ni la fréquence cardiaque du sportif.

Les cryovestes

Les cryovestes (figure 4) ont été validées par l'Institut de médecine navale à Toulon (83) avant les Jeux olympiques de Pékin d'été en 2008

Bains d'eau glacée

Les bains d'eau glacée sont couramment utilisés dans les sports d'équipe, avec comme principe général l'immersion soit d'une partie du corps (les membres inférieurs),



Figure 3. Gel (poche instantanée à usage unique).



Figure 4. Cryoveste.

soit la totalité du corps. Cela peut se réaliser dans une simple poubelle ou alors dans des bains dédiés d'eau très froide. Ces techniques montrent des résultats intéressants dans la littérature scientifique comme l'hydrothérapie contrastée [7,8].

L'immersion dans l'eau froide

suit un protocole : immersion du corps d'un sportif (ou partie) dans un bain d'eau froide entre 9 et 12°C pendant environ 14 à 15 minutes.

L'hydrothérapie contrastée

se déroule de la manière suivante : un premier bain d'eau chaude aux alentours de $38-39^{\circ}\text{C}$ suivi d'un bain froid à $9-12^{\circ}\text{C}$ d'une durée de 15 minutes.

Plusieurs études dans les sports d'équipe (football, rugby) montrent un avantage à la première technique avec une plus grande capacité à réduire les œdèmes et les dommages causés aux muscles.

Cryothérapie gazeuse ou à air froid

L'aneurocryostimulation (ou cryothérapie gazeuse hyperbare), propulse un froid sec dont la tolérance est bien acceptée par le

patient. Son application est de 20 minutes, avec une possible répétition deux heures après, mais il n'existe aucune preuve scientifique. Lors de l'utilisation de cette technique, la température cutanée chute en moins de 30 secondes et, en 2 minutes de traitement, on obtient le même type de refroidissement que l'application d'une vessie de glace pendant 20 minutes.

F La cryothérapie à air froid est un modèle plus économique par absence de consommable et entraîne moins de risques de lésions cutanées. Cette technique utilise l'air ambiant aspiré et refroidi en passant dans un réservoir de froid permettant d'atteindre environ -300°C . Cet air froid est ensuite propulsé sur la peau du sportif mais à une pression moins forte que dans la technique précédente, ce qui nécessite une application plus longue pour espérer obtenir le même effet.

Cryothérapie corps entier ou corps partiel

Sont apparues récemment les chambres de cryothérapie corps entier (CCE) (*figure 5*) permettant de descendre à des températures oscillant entre -110°C et -140°C . Les CCE utilisent des compresseurs refroidissant l'air alors que les cryothérapies corps partiel (CCP), où la tête est en dehors, utilisent l'azote. Ces chambres sont de plus en plus utilisées par les sportifs mais nécessitent une surveillance par un personnel qualifié médical ou paramédical et coûtent relativement cher. Elles permettent de produire les effets mais aussi de jouer sur la récupération en améliorant la qualité du sommeil. En revanche, le froid produit localement est moins marqué que l'application locale de glace.

Contre-indications

Les contre-indications sont multiples et diffèrent selon les techniques utilisées.



Figure 5. Chambre de cryothérapie corps entier de l'INSEP.

Pour les techniques utilisant le corps entier, le médecin effectue une visite de non-contre-indication et délivre un certificat autorisant le sportif à utiliser la CCE par exemple. Les contre-indications suivantes sont recherchées :

- une allergie au froid ;
- un syndrome de Raynaud : le refroidissement des extrémités (mains et pieds) peut être très gênant en cas de température basse ;
- des lésions cutanées comme des plaies multiples ou une chirurgie récente ;
- une cryoglobulinémie ;
- une hypertension artérielle non contrôlée, affection cardiovasculaire évolutive ;
- une pathologie pulmonaire sévère ;
- le port de piercing ou de lentilles ;
- le port d'un pacemaker ;
- une grossesse ;
- être mineur : il existe actuellement un principe de précaution édicté par la Société française de pédiatrie (SFP) et la Société française de médecine de l'exercice et du sport (SFMES).

Pour les techniques locales, il existe peu de contre-indications en dehors de plaies, à condition de respecter les conditions d'utilisation de chaque technique pour surtout éviter les brûlures cutanées.

Indications actuelles

Les indications sont nombreuses au vu des effets physiologiques présentés :

- en traumatologie du sport (contusion, entorse, lésion musculaire...);

- en entraînement pour favoriser la récupération et la performance [9-11];
- en rhumatologie [12] : rhumatologie inflammatoire chronique (polyarthrite rhumatoïde, spondylarthrite ankylosante, fibromyalgie...), rhumatologie abarticulaire (tendinite, bursite, ténosynovite, périostite...), rhumatologie dégénérative (traitement de la douleur).

Conclusion

L'application de froid ou cryothérapie est un moyen efficace à utiliser dans le cadre des prises en charge des blessures chez le sportif en y associant d'autres techniques comme la compression, la décharge du membre inférieur et le drainage par exemple [13].

Les sportifs de haut niveau, disposant au sein de leur structure d'une cryothérapie corps entier, l'utilisent régulièrement après des séances intensives d'entraînement ou de compétitions rapprochées pour favoriser la récupération musculaire en limitant les processus inflammatoires liés à la microdestruction des cellules musculaires.

En dehors des moyens locaux de cryothérapie qui feront toujours partie de l'arsenal thérapeutique – même si les protocoles restent à affiner car ils s'avèrent souvent empiriques [14] –, l'utilisation des technologies plus sophistiquées comme la CCE se développe, mais nécessite de poursuivre la recherche afin de clarifier les effets réels comme dans le cas de la CCE. Pour cela, a été créée la Société française de cryothérapie corps entier dont le but principal est de promouvoir la recherche et de mettre en place des protocoles d'utilisation de cette technique aussi bien dans le domaine du sport que dans les spécialités où existent des maladies inflammatoires chroniques, surtout en rhumatologie. **w**

Références

- Limits Overreaching in Elite Synchronized Swimmers. *Med Sci Sports Exerc.* 2015 Jul;47(7):1416-25.
- [12] Guillot X, Tordi N, Mourot L, Demougeot C, Dugué B, Praté C, et al. Cryotherapy in inflammatory rheumatic diseases: a systematic review. *Expert Rev Clin Immunol* 2014;10(2):281-94.
- [13] Van den Bekerom MP, Struijs PA, Blankevoort L, Welling L, van Dijk CN, Kerkhoffs GM, et al. What is the evidence for rest, ice, compression, and elevation therapy in the treatment of ankle sprains in adults? *J Athl Train.* 2012;47(4):435-43.
- [14] Bleakley CM, McDonough SM, MacAuley DC, Bjordal J. Cryotherapy for acute ankle sprains: a randomised controlled study of two different icing protocols. *Br J Sports Med.* 2006;40(8):700-5.

Déclaration de liens d'intérêts
L'auteur n'a pas transmis de déclaration de liens d'intérêts en relation avec cet article.