

MINISTERE DE LA SANTE  
REGION LORRAINE  
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE  
DE NANCY

LE FROID ; DU GLACON A LA CRYOTHERAPIE  
DU CORPS ENTIER : UTILISATION EN  
NEUROLOGIE CENTRALE



Mémoire présenté par GEIGER GUILLAUME  
étudiant en 3<sup>ème</sup> année de masso-kinésithérapie  
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat  
de Masseur-Kinésithérapeute  
2011-2012

## Sommaire

	Page
RESUME	
1. INTRODUCTION .....	1
2. METHODE UTILISEE .....	1
3. EFFETS GENERAUX DU FROID ET DE LA CRYOTHERAPIE .....	4
3.1. Analgésique .....	5
3.2. Vasomoteur .....	6
3.3. Anti-inflammatoire .....	6
3.4. Neurologique .....	7
4. RAPPELS DES DIFFERENTS TYPES DE CRYOTHERAPIE UTILISEES .....	7
4.1. Cryothérapie locale .....	7
4.2. Cryothérapie totale .....	9
5. LA CRYOTHERAPIE DU CORPS ENTIER : INTERETS ET ROLES.....	9
5.1. Présentation .....	9
5.2. Modalités d'application .....	10

5.3. Indications / Contre-indications .....	11
5.4. Effets de la cryothérapie du corps entier .....	13
5.4.1. Réponse physiologique liées à la CCE .....	13
5.4.2. Température centrale et cutanée .....	14
5.4.3. Réponse circulatoire et respiratoire .....	15
5.4.4. Performance/adaptation neuromusculaire .....	16
5.4.5. Réponses hormonale et hématologique .....	17
5.4.6. Impact sur le stress oxydant .....	19
5.5. Cryothérapie du corps entier et médecine du sport .....	20
6. CRYOTHERAPIE ET NEUROLOGIE CENTRALE .....	23
6.1. Rappels neuro-physio-pathologiques .....	24
6.2. Impact de la cryothérapie sur la spasticité et les autres symptômes de la sclérose en plaques .....	26
7. DISCUSSION .....	29
8. CONCLUSION .....	30

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

## RESUME

Objectifs : Ce mémoire a dans un premier temps pour but d'examiner les différentes littératures scientifiques concernant la cryothérapie et s'intéresse plus particulièrement à une thérapie relativement récente qui est la cryothérapie du corps entier. Dans un second temps, ce mémoire examine l'impact que peut avoir l'utilisation de la cryothérapie chez des patients présentant des troubles neurologiques et plus particulièrement les patients souffrants de sclérose en plaques.

Méthode : 58 articles scientifiques portant sur différentes études de cryothérapie ont été sélectionnés à partir de plusieurs bases de données telles que Springer Link, Pubmed, Science direct, google scholar, PEDro ou encore EMconsulte ainsi qu'à la faculté de médecine ou au centre Réédoc de Pierquin à Nancy.

Résultats : La CCE semble apporter les mêmes résultats que la cryothérapie classique mais avec un laps de temps beaucoup plus court et des effets amplifiés. L'utilisation de froid chez les patients atteints de sclérose en plaques est l'une des techniques kinésithérapiques les plus utilisées et permet l'amélioration de nombreux de leurs symptômes.

Conclusion : La CCE est une technique récente présentant peu de contre-indications. Compte tenu de l'efficacité de la cryothérapie chez les patients souffrants de SEP, il serait intéressant d'évaluer l'apport potentiel de cette nouvelle thérapie chez ce type de patients.

Les mots clefs utilisés sont : Cryothérapie du corps entier, whole body cryotherapy, CCE, neurocryostimulation, WBC, cryothérapie et spasticité, spasticity, cooling treatment, cooling multiple sclérosis, sclérose en plaques.

## **1. INTRODUCTION :**

L'utilisation du froid dans un but thérapeutique existe depuis la nuit des temps. Nos ancêtres les plus lointains se servaient déjà de la neige ou de la glace dans un but antalgique et anti-inflammatoire pour traiter des traumatismes bénins. Hippocrate (460-377 avant JC) parlait également de cette méthode de traitement dans les aphorismes pour soulager les traumatismes et autres tuméfactions [1] [2].

De nos jours, il existe de nombreuses formes de cryothérapies allant de la simple utilisation de cubes de glace à la cryothérapie du corps entier en passant par la cryothérapie gazeuse [3]. A partir de la littérature, nous nous proposons dans un premier temps, de rappeler les différents types de cryothérapies existants et de faire le point plus précisément sur la cryothérapie du corps entier ainsi que sur ses conséquences physiologiques que cette thérapie entraîne. Dans un second temps, nous nous intéresserons plus particulièrement à l'application de la cryothérapie en neurologie centrale et notamment sur les bienfaits que cela entraîne au niveau de la spasticité chez des patients atteints de sclérose en plaques.

## **2. METHODE UTILISEE :**

Nous avons effectué des recherches à REEDOC situé à l'institut régional de Rééducation Louis Pierquin de Nancy, à la bibliothèque universitaire de la faculté de Médecine de Nancy,

sur internet à partir des bases de données et des revues électroniques (Springer Link, Pubmed, EM Consulte, Google Scholar, PEDro, sciences direct).

Nous avons également beaucoup utilisé la méthode de recherche manuelle à partir des différentes bibliographies publiées par les différents auteurs. Certains articles proviennent directement des auteurs suite à l'envoi de mails leur demandant un accès aux études auxquelles ils ont pu participer. (Annexe 2).

Les articles ont été sélectionnés dans les premières pages des résultats affichés par les différents moteurs de recherches car ceux-ci classe leur résultats par ordre de pertinence. Les articles intéressants pour notre mémoire se situent donc dans ces premières pages. La sélection des différents articles s'est produite en fonction du titre puis après la lecture de leur résumé et enfin en fonction de l'accessibilité ou non au texte entier.

Au final, 58 articles ont été sélectionnés. 38 articles publiés entre 2001 et nos jours provenant d'auteurs de plusieurs pays comme la Pologne, l'Italie, l'Allemagne ou encore la France dont 3 thèses de médecine, 4 revues de la littérature, 29 études d'essais cliniques (22 sans groupe témoin et 7 avec un groupe témoin) ainsi que 2 articles décrivant une technique de cryothérapie ont été sélectionnés pour balayer l'ensemble des apports de la cryothérapie et notamment de la cryothérapie du corps entier. Ainsi que 20 articles traitant de la spasticité et du rôle que peut jouer la cryothérapie chez les patients présentant des troubles neurologiques et notamment les patients atteints de SEP.

Les mots clés utilisés sont : Cryothérapie du corps entier, whole body cryotherapy, CCE, neurocryostimulation, WBC, cryothérapie et spasticité, spasticity, cooling treatment, cooling multiple sclerosis, sclérose en plaques.

Moteur recherche Articles retenu/ Nb trouvés	PubMed	Springer Link	Science direct	Google scholar	Pedro	EMconsult
Cryothérapie du Corps entier	0/0	X	2/74	3/131	0/0	2/12
Whole body Cryotherapy	22/345	X	10/1488	22/6760	2/4	3/1638
Neurocryostimulation	0/1	X	1/16	1/18	0/0	1/10
Cryothérapie spasticité	X	2/6	1/77	X	X	4/1531
Cooling Spasticity	2/24	1/680	2/755	X	X	1/517
Cooling Multiple Sclerosis	3/52	X	3/2523	X	X	0/336
Sclérose en plaques	X	X	0/58	X	X	0/6030

Certains mots clés ayant donnés trop de résultats pas assez précis sur les différents moteurs de recherche, ils n'ont pas été placé dans ce tableau.

### **3. EFFETS GENERAUX DU FROID ET DE LA CRYOTHERAPIE :**

L'homme est un homéotherme, c'est-à-dire qu'il maintient une température interne constante ou presque malgré les variations de température externe. C'est ce principe de base de l'être humain qui est à l'origine des réactions de thermorégulation. Chez l'homme, c'est la température centrale appelée « noyau » qui doit rester constante et c'est la température cutanée appelée « écorce » qui varie selon les phénomènes de thermorégulation avec une perte ou un gain de chaleur plus ou moins important suivant les conditions et les réactions de thermogénèse ou de thermolyse. L'échange de chaleur est permis par quatre phénomènes. Le phénomène de conduction de proche en proche, celui de convection de chaleur (exemple de la circulation sanguine), les phénomènes de radiation/rayonnement émis par tout corps chaud ainsi que le phénomène d'évaporation.

[3][4]

Dans le cadre de l'application de froid ou cryothérapie, il y a plusieurs réactions physiologiques qui vont permettre le maintien de la température centrale telles que le frisson musculaire, la thermogénèse chimique, la vasoconstriction cutanée ou encore l'horripilation adrénérgique (surtout chez les animaux poilus). Par contre, il y a une diminution importante de la température cutanée, phénomène recherché lors de l'utilisation de cryothérapie. C'est cette diminution de température qui permet d'obtenir les effets voulus.



### 3.1. Analgésique :

L'effet maximal de la cryothérapie est obtenu pendant le traitement et dure en moyenne jusqu'à une heure après l'application du froid. Pour obtenir une analgésie efficace, il faut que la température cutanée soit inférieure à 15 ° C [3] (13.6 ° C selon Westerlund et Smolander [5]) mais elle doit rester supérieure à 5° C de manière à éviter tout risque de lésions nerveuses. Le froid diminue l'excitabilité des récepteurs cutanés de la douleur appelés « nocicepteurs » en diminuant la vitesse de conduction nerveuse des fibres excitatrices de la douleur. En effet, il existe une relation positive entre la température et la vitesse de conduction nerveuse avec un ralentissement de la vitesse de conduction dans un environnement froid [6]. Il intervient également dans le processus du « gate control » en stimulant les fibres nerveuses A alpha et A beta qui stimulent les interneurones inhibiteurs de la douleur et ainsi contrecarrer le message de la douleur véhiculé par les fibres C et A delta (inhibiteur des interneurones). Ces dernières ont un diamètre plus petit et elles sont moins myélinisées que les fibres A $\alpha$  et A $\beta$ , elles ont donc une vitesse de conduction vers la corne postérieure de la moelle (site d'analyse et de traitement de la douleur) moins importante.

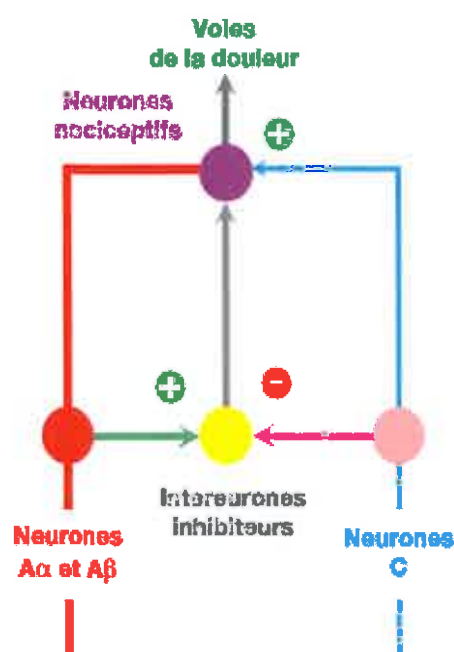


Fig. 1 : Schéma de la théorie du « gate control »

### **3.2. Vasomoteur :**

L'exposition de l'homme au froid entraîne une vasoconstriction cutanée due à la stimulation des récepteurs au froid dès que la température cutanée devient inférieure à 34-35 ° C. Selon Westerlund [5] [7] ou encore Castellani [8], cette vasoconstriction est maximale lorsque la température cutanée passe sous les 31°C lors d'une cryothérapie totale et inférieure à 26-28 ° C lors de l'utilisation de cryothérapie plus localisée. Cette vasoconstriction cutanée entraîne une diminution du flux sanguin vers la peau et diminue, limite ainsi la perte de chaleur interne due au mécanisme de convection. Cette vasoconstriction permet d'obtenir l'effet anti-inflammatoire lors de l'application de froid. Si nous maintenons l'application de cryothérapie sur une durée importante, survient alors un phénomène de vasodilatation appelé « vasodilatation paradoxale ». IL s'en suit alors une alternance de vasoconstriction, vasodilatation appelée « hunting response » [3] qui correspond à une hyperhémie de protection afin d'éviter une diminution de la température cutanée trop importante, qui pourrait créer des lésions nerveuses.

### **3.3. Anti-inflammatoire :**

La vasoconstriction provoquée par le refroidissement cutané dû à l'application de cryothérapie induit une diminution du débit sanguin au niveau du site de la lésion et limite donc la formation œdémateuse en minimisant l'extravasation de liquide cellulaire. De même,

elle diminue la production enzymatique par le métabolisme et notamment la synthèse de certaines métalloprotéases thermosensibles responsables d'une inflammation accrue. [9]

### **3.4. Neurologique :**

Le froid diminue la sensibilité d'étirement des fuseaux neuromusculaires ce qui permet de diminuer la spasticité musculaire grâce à une hyper réflexivité moins importante. Selon Westerlund en 2003 [5], le refroidissement cutané superficiel élimine l'hyper réflexivité et le clonus musculaire sur une période d'environ 2 heures. Cependant, la température cutanée après l'application de cryothérapie retrouve sa température normale rapidement c'est pourquoi les exercices de mobilisation sur des membres spastiques doivent être réalisés rapidement après l'application de la source cryogène.

## **4. RAPPEL DES DIFFERENTS TYPES DE CRYOTHERAPIES UTILISEES**

**[1] [2] [3] :** (Illustration en annexes)

### **4.1. Cryothérapie locale :**

La forme de cryothérapie locale la plus simple d'utilisation et la moins onéreuse est le massage avec un glaçon. Cette technique permet de glacer une zone très précise mais de courte durée due à la fonte de celui-ci. Sur le même principe, l'utilisation de la poche de

glace (la plupart du temps de la glace pillée dans un linge humide) placée sur une zone un peu plus importante présente les mêmes avantages ou inconvénients que précédemment. Ces deux techniques permettent d'atteindre une température cutanée comprise entre 10 et 15 °C. Autre forme de cryothérapie, le cold-pack, comprend un gel contenu dans une enveloppe placée 2 heures au congélateur pour atteindre une température comprise entre -15 et -20 °C. Il est nécessaire de placer ce cold pack dans un linge humide afin d'éviter d'éventuels risques de brûlure. Cette cryothérapie est très utilisée du fait de son coût relatif, d'un résultat satisfaisant avec une température cutanée qui descend autour de 5 ou 10 °C et de sa capacité à être réutilisée en tant que cold-pack ou en tant que hot-pack. Un autre moyen permettant d'obtenir une température cutanée similaire à l'utilisation du cold pack est le cryo-cuff, ce dernier a l'avantage de s'adapter aux différentes articulations. Il ajoute un effet compressif autour de l'articulation permettant à la fois de refroidir la zone souhaitée et de la drainer.

Il existe aussi l'application de cryothérapie locale par des sprays cryogènes ou par pulvérisation gazeuse. La première technique est pratique car elle est facilement transportable et peu coûteuse mais la diminution de température cutanée varie selon les sprays utilisés. De son côté, la pulvérisation gazeuse inventée par le docteur Cluzeau en 1993[2] [9], se fait à très basse température (-78°C). Elle permet d'atteindre une température cutanée autour de 3°C en seulement 2 à 3 minutes (notion de « choc thermique »). Malgré tout, cette technique plus souvent appelée cryothérapie gazeuse hyperbare est bien plus onéreuse.

## **4.2. Cryothérapie totale :**

L'immersion ou la nage en eau froide en hiver est une forme de cryothérapie totale très pratiquée dans les pays nordiques et par certains sportifs. Elle consiste à plonger les membres inférieurs ou l'ensemble du corps dans une eau située aux alentours de 5°C et dans laquelle de la glace est rajoutée lorsqu'il s'agit d'une immersion dans un bac. Le principe physiologique recherché est là aussi le « choc thermique » mais de manière plus globale. Enfin, il est récemment apparu la Cryothérapie du corps entier (CCE) dont les effets seront développés par la suite. Néanmoins ce qui différencie les deux techniques est principalement le mode de transmission du froid qui se fait par conduction de l'eau dans le premier cas, alors qu'il se fait par convection de l'air sec dans le second cas. Au final, dans les deux cas, c'est le principe physiologique du « choc thermique » qui est recherché.

## **5. LA CRYOTHERAPIE DU CORPS ENTIER : INTERETS ET RÔLES :**

### **5.1. Présentation :**

La cryothérapie du corps entier a été mise au point à la fin des années 1970 par un professeur japonais, Mr YAMOUCI en 1978 [10] [11] qui après avoir obtenu des résultats satisfaisants de la cryothérapie plus locale, voulu l'étendre à l'ensemble du corps. Il présenta sa nouvelle technologie pour la première fois au congrès Européen des rhumatologues de

Wiesbaden en Allemagne en 1979. A ce moment-là, on parle alors de cryo-aérothérapie (air sec refroidi par de l'azote liquide).

Cette étude fut ensuite reprise et améliorée par des équipes allemandes, polonaises, autrichiennes ou encore finlandaises et notamment par le Professeur allemand Rheinard Fricke au cours des années 1980. Après 1985, on n'utilise plus l'azote liquide pour refroidir l'air mais le principe du « réfrigérateur » : l'utilisation de trois gaz frigorigènes qui suite à trois cascades de compression permettent d'obtenir un air sec et froid compris entre -100°C et -180°C. A partir de cette date, on parle alors de cryothérapie du corps entier et la « Weserland klinik » de Vlotho en Pologne a été la première clinique en Europe à proposer une chambre de cryothérapie du corps entier. [1]

La CCE reprend les effets liés à l'application locale de froid (antalgique, anti-inflammatoire, et anti-hémorragique). Ces effets sont expliqués par des phénomènes de vasomotricité, de neuroconduction et de biochimie. Cette méthode de traitement consiste à exposer le corps à une température qui peut descendre jusque -180° C pendant une courte durée (quelques minutes) et c'est alors le choc thermique qui est à l'origine des effets cliniques de la CCE par réaction du corps humain au froid extrême. Celui-ci entraîne alors une succession de réactions physiologiques.

## **5.2. Modalités d'applications :**

La cryothérapie corps entier se réalise à l'aide de trois chambres d'aspect esthétique similaire à un sauna mais avec des températures respectives de -10, -60 et -110 °C. Le

patient passe de la première chambre à la dernière chambre de manière à acclimater son corps au froid. La durée d'une séance varie entre une et quatre minutes suivant la tolérance au froid de chaque individu et des protocoles utilisés par les différents centres de cryothérapie du corps entier.

Le déroulement d'une séance est sous la surveillance d'une personne de l'équipe soignante qui est en général soit un médecin soit un masseur-kinésithérapeute. Ce dernier, s'assure de la tenue vestimentaire conforme de chaque patient (patient en sous-vêtements avec des protections aux extrémités des membres et au niveau des muqueuses). Il s'occupe de l'entrée des patients dans la chambre cryogénique et s'assure du bon déroulement de la séance grâce à des caméras de vidéo-surveillance. Pendant la séance, il est demandé au patient de marcher dans le SAS et de respirer suivant un rythme physiologique normal. Le thérapeute indique aux patients le temps passé et le temps restant avant la fin de la séance. Le patient ne doit évidemment pas être sous l'emprise d'alcool ou de drogues et doit signaler toutes gênes ou sensations désagréables au thérapeute qui encadre la séance.

A la fin de la séance, le patient observe une période de repos d'environ 30 minutes dans une pièce au calme. Il peut se vêtir d'autant de couches vestimentaires qu'il souhaite de manière à éviter toute sensation de froid.

### **5.3. Indications/contre-indications :**

Avant la première séance de cryothérapie du corps entier, chaque patient doit passer une visite médicale détaillée auprès du médecin du centre afin d'obtenir un certificat de non

contre-indication à la cryothérapie du corps entier. Il doit également rédiger puis signer un papier dans lequel il certifie l'exactitude des informations remises au médecin lors de cette visite.

La cryothérapie du corps entier est indiquée dans le cadre de rhumatismes inflammatoires, de spondylarthropathies ankylosantes, de spasticités musculaires, de neurodermites, de psoriasis et dermatite atopique [12], de contusions musculaires, de tendomyopathies, de troubles du sommeil, de syndromes dépressifs, de migraines et dans le cadre de l'amélioration de la rééducation du blessé sportif notamment dans la récupération musculaire, la récupération fonctionnelle, le gain d'amplitude, ou encore suite à des problèmes de tendinopathies ou de syndrome de surentrainement.

En revanche, la CCE est clairement contre indiquée [13] dans le cas d'hypertension artérielle non contrôlée, d'infarctus du myocarde de moins de 6 mois, d'insuffisance respiratoire, d'angine de poitrine, de port d'un PaceMaker, d'artériopathie de stade 3 ou 4, de risques de phlébite, d'infections respiratoires aiguës, d'une allergie au froid, d'une anémie profonde, d'infections cutanées aiguës profondes bactériennes ou virales, d'un syndrome de Reynaud, de grossesse et sous l'emprise d'alcool ou encore de toutes sortes de drogues.

Si lors de sa visite médicale, le patient présente une de ces contre-indications alors celui-ci ne pourra pas suivre le programme de CCE.



## **5.4. Effets de la cryothérapie du corps entier :**

### **5.4.1. Réponses physiologiques liées à la CCE :**

La CCE est une technique qui reprend les effets liés à l'application locale de cryothérapie (antalgique, anti-inflammatoire, et antihémorragique). Ces effets sont dus à des phénomènes de vasomotricité, de neuroconduction, ainsi que des phénomènes biochimiques. A l'origine de ces effets, on retrouve la création d'un choc thermique suite à l'exposition quelques minutes à une température extrêmement froide (en général entre -110° et -180°C) dont le but est de stimuler le corps humain de manière à déclencher ses réflexes de lutte contre le froid extrême. Cette lutte aura pour conséquence de démarrer une série de réactions physiologiques qui va alors entraîner des modifications hormonales, neuromusculaires, circulatoires, respiratoires ou encore anti-oxydantes. La réponse physiologique en réaction au froid est différente selon chaque individu. En effet, la quantité de graisse sous cutanée, la taille, la condition physique, l'âge, le sexe du patient sont autant de facteurs qui influencent les réponses thermiques de ce dernier [7]. Cholewka et al. [4] ont montré que plus l'indice de masse corporelle de l'individu est élevé, moins la diminution de la température cutanée sera importante pour une même durée d'exposition à la CCE.

#### 5.4.2. Température centrale et cutanée : (annexe 5)

Lors d'une séance de cryothérapie du corps entier, il existe une grande variation de la température cutanée de l'individu en fonction de la durée d'exposition au froid et selon les différentes zones du corps où nous prélevons la température. En effet, les membres sont beaucoup plus refroidis que la partie axiale du corps [14]. Dans l'étude de Westerlund et al. [5], la température centrale ne varie pas lors des 2 minutes d'expositions à la CCE mais diminue légèrement 30 minutes après l'exposition alors que la température cutanée diminue rapidement pour atteindre le minimum au niveau du mollet et de l'avant-bras. La diminution de température la moins importante a lieu au niveau des mains et des pieds, du fait de leur protection. En revanche, c'est au niveau du front que l'on observe le moins de variation de température. Le retour à une température cutanée normale se fait rapidement et est atteint environ 20 à 25 min après la séance de CCE

Cette diminution rapide de la température cutanée s'explique par le phénomène de « choc thermique » suite à l'exposition au froid intense. Elle entraîne une vasoconstriction périphérique ayant pour but de maintenir la température centrale constante, en diminuant les échanges sanguins entre la partie périphérique (l'écorce) et la partie centrale (le noyau) et limite ainsi les pertes de chaleur. La température centrale, quant à elle, diminue après la séance de CCE car un phénomène de vasodilatation se produit suite au retour à une température ambiante. Ceci entraîne une augmentation des échanges sanguins et induit alors une déperdition de chaleur de l'ordre de  $-0.5^{\circ}\text{C}$  qui ne présente pas de danger pour l'organisme. A noter que 20 minutes après la séance de CCE, la température cutanée moyenne reste inférieure à la température de départ.

### 5.4.3. Réponse circulatoire et respiratoire :

A la fin des années 1980, les chercheurs pensaient que la CCE permettait une amélioration de la fonction pulmonaire grâce à un effet bronchodilatateur conduisant à une amélioration significative du débit expiratoire de pointe [7]. Mais plus récemment, en 2006, des études plus précises menées par Smolander et al. [15] ont montré que la CCE n'avait aucun impact significatif sur la fonction pulmonaire. Il semblerait donc que la CCE ne présente aucun danger mais nous nous devons de rester prudent chez les personnes à risques et notamment les personnes asthmatiques.

En ce qui concerne la réponse circulatoire, plusieurs études ont été réalisées sur différentes populations [7] [16] [17] et ont mesuré les modifications de la fréquence cardiaque ainsi que de la pression artérielle systolique (PAS) et diastolique (PAD). Les résultats des différentes études montrent une augmentation significative de la PAS de l'ordre de 10 mm Hg ainsi qu'une baisse de la fréquence cardiaque en compensation de l'augmentation de la PAS suite à des séances de CCE. Il faut donc être vigilant avec les personnes présentant des signes d'hypertension artérielle non stabilisés [18].

Enfin, en 2009, Banfi et Al. [19] mènent une étude sur différents marqueurs cardiaques chez des rugbymans sans observer là encore de modifications significatives ou dangereuses pour les patients.

#### 5.4.4. Performance/adaptation neuromusculaire :

Il semble que lorsque la température musculaire diminue, il y a en même temps une diminution de la performance musculaire. Plus la vitesse de mouvement est rapide, plus la diminution de la performance musculaire est importante. Cela est dû à une augmentation de la co-contraction musculaire des agonistes/antagonistes de manière à protéger le muscle froid de toute lésion musculaire. [18]

En 2009, Westerlund et Al. [18] réalisent une étude sur l'activité EMG des muscles gastrocnémien médial (GM) et tibial antérieur (TA) lors d'un exercice de saut avant et après une séance de CCE, mais aussi après une période de 3 mois de CCE. A la fin de leur étude, les résultats mettent en évidence une adaptation de la fonction neuromusculaire suite à une exposition répétée à des températures extrêmement froides grâce à une diminution de l'activité du muscle TA au cours du temps.

Dans cette même étude, les auteurs ont également mesuré la variation de la contraction maximale volontaire des fléchisseurs du poignet suite à l'exposition à la CCE sans observer de modifications significatives.

En 2010, Lubkowska et Al. [20] ont quant à eux évalué la variation de la capacité aérobie et anaérobie de 30 sujets (15 H et 15 F), après avoir bénéficié de 10 séances de CCE. Les résultats montrent que seule la capacité anaérobie chez les hommes augmente de manière significative.

En résumé, l'application de froid extrême a un réel impact sur l'adaptation neuromusculaire, ce qui est intéressant pour les personnes présentant des troubles neuromusculaires importants comme la spasticité.

#### 5.4.5. Réponses hormonal et hématologique :

La CCE entraîne une chute de la température cutanée importante obligeant le corps humain, par des phénomènes de thermorégulation, à maintenir l'homéostasie du corps avec une température centrale constante. Cela engendre diverses modifications et réactions dans notre corps.

Au niveau de la concentration des hormones, la concentration de cortisol sérique correspond au marqueur le plus recherché dans les études sur la cryothérapie. Cependant, les rapports sur son évolution au cours des différentes études sont contradictoires. En effet, Lubkowska et Al. (2008) [21] ainsi que Wozniack et Al. (2007)(2011) [22] [23] n'observent pas de changements significatifs de la concentration de cortisol sérique suite à l'application de la CCE. En revanche, Leppäluoto et Al. (2008) [24] observent une diminution significative de celle-ci après un et trois mois de CCE. Cela peut s'expliquer par l'utilisation de différents protocoles dans les études.

Concernant les autres hormones, les études menées par les différents auteurs [24] [25] [26] [27] montrent que la CCE n'influe pas sur leur production. Seule la noradrénaline plasmatique [24] subit une augmentation significative de l'ordre de deux à trois fois après chaque séance de CCE. Cette augmentation serait due à l'activation du système nerveux

sympathique qui suite au stress causé par le froid intense, stimulerait la production de noradrénaline.

Certains auteurs [16] [20] [27] se sont quant à eux intéressés aux valeurs hématologiques dont les modifications entraînées par la CCE peuvent être considérées comme dopante ou encore permettent de masquer la prise de produit dopant par les athlètes. Les auteurs se sont intéressés aux globules rouges, aux globules blancs, à l'hématocrite, au taux d'hémoglobine ainsi qu'aux thrombocytes. Certains résultats diffèrent d'une étude à l'autre mais la CCE ne semble pas influencer de manière significative les valeurs hématologiques et donc ne peut pas être considérée comme une technique dopante.

L'une des principales vertus reconnue de la cryothérapie est son effet anti-inflammatoire. Certains auteurs ont donc pris le temps de mesurer les variations de différents marqueurs biologiques de l'inflammation. Ainsi, Banfi et Al. en 2009 [28] mettent en évidence ce phénomène en montrant que suite à l'application de séances de CCE, on retrouve une diminution significative des marqueurs pro-inflammatoire (IL-2 ; IL-6 ; IL-8) et en même temps une augmentation significative des marqueurs anti-inflammatoire (IL-10 et autres). L'étude menée par Hausswirth et Al. (2011) [29] va dans le même sens et confirme l'étude de Banfi. Seule l'étude de Leppäluoto, Smolander, Dugué et Al. (2008) [24] ne montre aucune modification significative de ces marqueurs. Nous pouvons expliquer cela par le fait que les études soient menées sur différentes populations. D'un côté, une population qui pratique une activité physique avant la thérapie et de l'autre, une population de jeunes femmes en bonne santé mais ne pratiquant aucune activité avant la thérapie.

#### 5.4.6. Impact sur le stress oxydant :

Le stress oxydant correspond à un déséquilibre de la balance antioxydant/proxydant, suite à une production anormalement excessive de radicaux libres dérivés de l'oxygène consommée par l'organisme, qui peut se produire lors d'exercices physiques intenses par exemple. Le stress oxydatif se concentre sur certains éléments et les altère comme les lipides, les protéines ou encore l'ADN. Il provoque deux réactions importantes : l'inflammation ou des mutations. Ainsi, le stress oxydant serait impliqué dans de nombreuses pathologies comme certains cancers, des maladies dégénératives, ou encore des maladies cardio-vasculaires.

Plusieurs auteurs se sont donc intéressés à l'impact de la CCE sur le stress oxydatif et ont mené des études sur diverses populations. En effet, nous retrouvons des études concernant des femmes [31] ou des hommes en bonne santé [21] [30] [33], des sportifs [32], mais aussi des patients atteints de sclérose en plaque [34] [35].

En 2005, Dugué et Al. [31] mesurent la variation de l'activité totale anti-oxydante du plasma et constatent que lors des 4 premières semaines, 2 minutes après la séance de CCE, l'activité anti-oxydante du plasma est significativement plus importante. Wozniack et Al. [32] toujours en 2005, ont quant à eux comparé la concentration de marqueurs de la peroxydation lipidique entre une population bénéficiant de CCE et l'autre non. Les résultats montrent une peroxydation lipidique moins importante dans le groupe bénéficiant de la CCE. En 2008 et 2010, Lubkowska et Al. [21] [30] réalisent deux études dans lesquelles, ils mesurent le statut oxydatif total (TOS) et le statut antioxydant total (TAS) suite à une ou plusieurs séances de CCE. A chaque fois, les résultats montrent une diminution significative

du TOS. Miller et Al. en 2011 [36] réalisent le même type d'étude sur le TAS mais aussi sur d'autres marqueurs antioxydants et constatent une augmentation de l'activité anti-oxydante du plasma (TAS) et des autres marqueurs antioxydants suite à l'exposition aux séances de CCE aussi bien chez des personnes saines que chez des personnes atteintes de sclérose en plaques.

Les études menées par les différents auteurs n'utilisent pas tous le même protocole et les marqueurs mesurés varient. Néanmoins, le résultat final de toutes les études tendent à montrer un impact positif de la CCE sur cette notion de stress oxydatif. La CCE pourrait donc devenir une thérapie alternative aux maladies à fond de stress oxydatif.

### **5.5. Cryothérapie du corps entier et médecine du sport :**

L'intérêt scientifique pour la récupération musculaire chez les athlètes a augmenté ces dernières années. En effet, les sportifs sont de plus en plus soumis à des syndromes de surentraînement du fait de l'enchaînement compétition/entraînement de haute intensité sans période de récupération adéquate. Cela peut alors entraîner des dommages musculaires, la formation d'œdème ou inflammation ainsi qu'une moins bonne qualité fonctionnelle du muscle suite au stress oxydatif engendré par les exercices intensifs. Ces derniers perturbent l'homéostasie cellulaire [28] et par conséquent, entraînent une diminution des performances de l'athlète. Ainsi, étudier les effets de la CCE sur l'ensemble des réactions du corps est important chez les sportifs notamment dans le cadre de la lutte anti-dopage car toute technique qui permet d'améliorer et/ ou accélérer la récupération ou



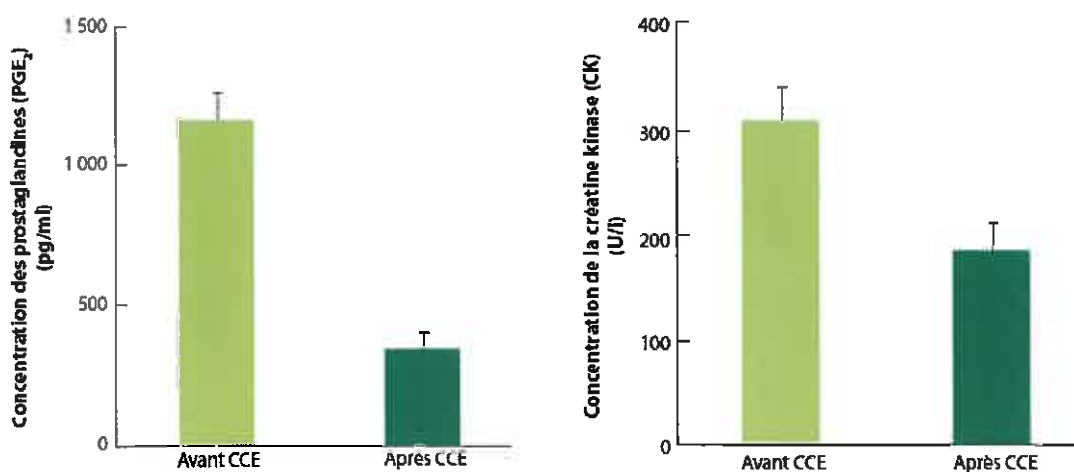
la performance peut être considérée comme interdite [36]. Les études menées à ce sujet notamment par Banfi et Al. [25][27] montrent que la CCE n'induit pas de modifications de paramètres biochimiques et/ou hématologiques qui pourraient être soupçonnées comme du dopage.

Dans sa thèse de Doctorat, le docteur Barbiche [1] évalue les effets de la CCE sur les courbatures musculaires ressenties chez des patients en phase de renforcement musculaire intense suite à une ligamentoplastie du LCAE. Il bénéficie d'une séance de CCE par jour pendant 3 semaines. Ces résultats montrent une différence significative des douleurs musculaires ressenties par les patients qui ont bénéficié de la CCE par rapport à un groupe témoin. Cela semble suggérer que la CCE nous permet de réaliser une rééducation plus intensive donc plus rapide qu'une rééducation classique. Toutefois, d'autres études sur le même sujet ainsi que sur d'autres pathologies méritent d'être plus approfondies pour pouvoir confirmer celle-ci.

Pour ce qui est de la récupération, Hausswirth et Al. [37] ont comparé 3 modes de récupération chez 9 athlètes après un exercice de course intensive : la CCE, la récupération par infra-rouge (IF) et une récupération passive. Ils montrent que la CCE permet de retrouver une force maximale volontaire (FMV) plus rapidement que les autres techniques utilisées. La FMV est retrouvée une heure après la séance de CCE (contre 24 heures après la récupération par infra-rouge).

Cette diminution de la douleur musculaire ainsi qu'une récupération musculaire plus rapide peut s'expliquer par l'étude menée par Banfi et Al. en 2008 [36] qui met en évidence une diminution significative de certains marqueurs typiques de la souffrance musculaire comme la Créatine Kinase (CK) ou encore la Lactate Déshydrogénase (LAD) et une diminution

significative de marqueurs de l'inflammation tels que les prostaglandines E2 entre avant et après une séance de CCE.



D'après banfi et al. (2008), *Journal of thermal biology*

Fig.2 : variation des concentrations sériques des marqueurs du dommage musculaire (prostaglandine E2 et créatine kinase). Diminution statistiquement significative de la PGE2 ( $p < 0.0001$ ) et de la CK ( $p < 0.01$ ) entre les conditions « avant CCE » et « après CCE ».

De plus, la littérature semble nous donner des indications sur de potentiels effets bénéfiques de la CCE notamment sur les réponses pro et anti-inflammatoires [28] [29], sur la capacité pro et anti oxydante, sur l'amélioration de l'humeur et des syndromes dépressifs [38] ainsi que sur l'hémolyse du sportif. Tout cela nous permet de suggérer que la CCE facilite la récupération musculaire chez les athlètes.

## **6. CRYOTHERAPIE ET NEUROLOGIE CENTRALE :**

La sclérose en plaques est une maladie neurologique auto-immune chronique invalidante. C'est une maladie inflammatoire et démyélinisante du système nerveux central. Elle représente la première cause de handicap du sujet jeune après les accidents de la voie publique. Malgré tout, l'espérance de vie des patients atteints de sclérose en plaques reste comparable à la population générale. Les déficiences sont multiples et variables selon l'évolution de la maladie [39]. La spasticité est un syndrome très fréquent de la sclérose en plaques. En effet, environ 90 % de ces patients atteints de sclérose en plaques développeront au cours de l'évolution de leur maladie une spasticité plus ou moins importante. Celle-ci peut être plus ou moins gênante et altérer la qualité de vie des patients entraînant la modification ou l'arrêt de certaines de leurs activités de la vie quotidienne [40] [41]. La particularité de la spasticité dans la sclérose en plaques est la thermo-sensibilité des patients. En effet, 70 % des patients SEP voient leurs symptômes (dont la spasticité) s'améliorer avec l'application de froid ce qui en fait un traitement kinésithérapique complémentaire intéressant dans certains cas [39] [40]. Dans un premier temps, nous rappelleront la neuro-physio-pathologie de la spasticité puis nous parlerons de l'impact que peut avoir la cryothérapie sur la spasticité et les autres symptômes des patients atteints de sclérose en plaques.

### 6.1. Rappels neuro-physio-pathologiques :

Le terme spasticité est dérivé du grec « spasticos » et « spaons ». La spasticité est un symptôme constaté au seul examen clinique. Elle est la conséquence d'une lésion du faisceau pyramidal quelle qu'en soit la localisation (cortex cérébral, capsule interne, tronc cérébral ou moelle épinière) [42]. La plupart des auteurs traitant ce sujet ont repris la définition de la spasticité établit par Lance au début des années 1980 et qui définit la spasticité comme : « un désordre moteur caractérisé par une augmentation dépendante de la vitesse du réflexe tonique d'étirement (tonus musculaire), associés à des réflexes ostéotendineux augmentés, provenant d'une hyperexcitabilité du réflexe d'étirement et constituant une des composantes du syndrome du motoneurone supérieur » [43]. On peut résumer cette définition par le fait que « la spasticité est une hyperexcitabilité de l'arc réflexe myotatique, entraînant une augmentation, sensible à la vitesse, du réflexe d'étirement » [44].

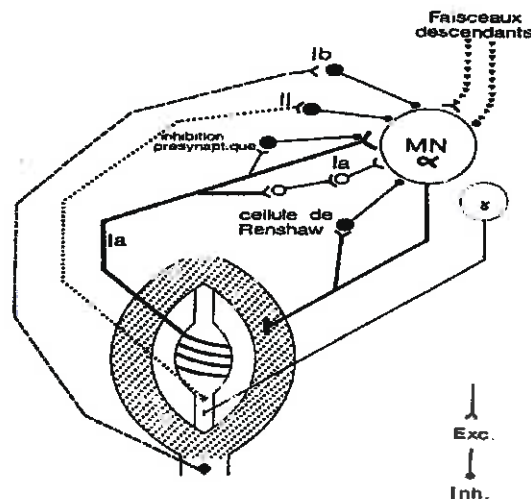


Fig. 3 : Schéma récapitulatif contribuant au réflexe d'étirements (d'après C. Chauvière [44])

De multiples circuits contrôlent la sensibilité du réflexe d'étirement (Fig. 3) et la perturbation d'un seul d'entre eux peut alors entraîner son exagération. D'après le schéma ci-dessus, il existe surtout trois éléments principaux qui peuvent être à l'origine de l'exagération du réflexe d'étirement dans les lésions du système nerveux central. Il s'agit soit d'une hyperactivité gamma qui rend le fuseau neuro musculaire hypersensible, soit une hyperexcitabilité du motoneurone alpha direct ou indirect ou encore la modification de l'inhibition pré-synaptique sur les fibres Ia [42] [45]. Il a été démontré que ce n'est pas l'hyperactivité gamma qui est en cause mais plutôt la diminution de l'inhibition pré-synaptique des fibres Ia qui entraîne l'hyperexcitabilité du motoneurone alpha (indirect). Ce mécanisme est l'un des principaux impliqué dans la spasticité [42]. L'hyperexcitabilité du motoneurone alpha peut également venir d'une défaillance des autres messagers inhibiteurs tel que l'inhibition par les cellules de Renshaw ou encore l'inhibition par les fibres Ib [44].

Cependant la définition de Lance ne prend en compte que l'hypersensibilité des différents récepteurs musculaires à l'étirement mais ne permet pas d'expliquer l'hyperactivité musculaire telle que l'hypertonie musculaire présente même en l'absence de tout étirement ou encore, d'expliquer l'hypersensibilité des réflexes polysynaptiques nociceptifs [43]. En effet, la physiopathologie de la spasticité ne se limite pas à l'altération des circuits médullaires et de leurs contrôles descendants. Il existe également des modifications et des adaptations des fibres musculaires après une lésion du système nerveux central et notamment, une diminution de la quantité de fibre de type II (fibre phasique) au profit des fibres de type I (fibre tonique) ainsi qu'une modification histochimique et morphologique du muscle [46].

Donc, pour définir la spasticité, nous pouvons dire qu'elle correspond à un symptôme défini par l'augmentation vitesse dépendante, de la résistance du muscle à l'étirement dans lequel on associe non seulement les perturbations des boucles réflexes spinales mais aussi, les modifications des propriétés biomécaniques des fibres musculaires [42] [43].

La spasticité ne représente qu'une partie du syndrome pyramidal. En effet, on peut ajouter à ce syndrome un déficit moteur plus ou moins important ainsi que la perte de la sélectivité du mouvement. Parmi ces trois éléments, la spasticité n'est pas responsable de l'ensemble des déficits fonctionnels liés à une lésion des voies descendantes mais elle est la seule à être sensible aux différents traitements thérapeutiques proposés [46].

## **6.2. Impact de la cryothérapie sur la spasticité et autres symptômes de la sclérose en plaques :**

L'évaluation de la spasticité doit s'intégrer dans une analyse réelle de la fonction et du mouvement et par conséquent, le traitement de celle-ci doit également s'inclure dans un programme global avec des objectifs précis, où l'objectif final repose plus sur l'amélioration de la qualité de vie et des activités de la vie quotidienne que sur les déficiences analytiques que celle-ci peut entraîner [43]. C'est pourquoi, il est important de bien l'évaluer au départ car la spasticité peut être néfaste pour le patient mais elle peut également lui être très utile et lui permettre de maintenir une station debout, l'aider dans la réalisation de ses transferts

ou encore lui permettre de marcher plus aisément [40] [47] [48] [49]. Dans ce cas, on se doit de respecter cette spasticité.

Avant tout traitement de la spasticité pure, il faut aussi vérifier qu'aucune épine irritative (escarres, infection urinaire, etc.) ne soit susceptible d'être à l'origine d'une aggravation de la spasticité.

La cryothérapie est un traitement kinésithérapique apprécié des patients atteints de sclérose en plaques. En effet, ceux-ci sont souvent demandeurs de traitements alternatifs ou complémentaires des traitements médicamenteux classiques qui sont souvent à l'origine d'effets secondaires peu désirables comme une sensation de faiblesse générale, de fatigue ou encore d'étourdissements [45] [50]. La cryothérapie, malgré que son mécanisme d'action ne soit pas encore totalement connu, elle est fréquemment utilisée chez les patients atteints de SEP thermosensible. Différentes techniques sont employées suivant que la spasticité soit localisée à un ou plusieurs muscles précis ou qu'elle soit diffuse à l'ensemble des membres [42] [50]. Une cryothérapie localisée au muscle triceps sural par exemple peut être appliqué à l'aide de cubes de glace, de pack de froid, de spray cryogène ou encore à l'application de manchon réfrigéré sur le mollet du patient [41] [44] [47] [51] [52] et permettre ainsi de faire diminuer la spasticité de ce muscle. En effet, en 2001, Stephen et Al. [52] mettent en évidence une diminution significative de la spasticité du muscle triceps sural après l'application de cryothérapie (20min) dans une étude menée chez 26 personnes atteintes de troubles neurologiques.

Si la spasticité est plus diffuse, nous utilisons alors des techniques de cryothérapies plus globales telles que des bains d'eau fraîche ou l'application de douche froide de l'ordre de 20 à 30 minutes (la cryothérapie à visée anti-spastique utilise de l'eau comprise entre 12 et 18°C [53]). L'ingestion de glace pillée ou la veste cryogénique peuvent également être utilisées [51] [54] [55] [56]. Le principe de base retenu étant d'avoir un temps d'exposition suffisant de manière à faire diminuer la température cutanée d'au moins 5°C [47] [51]. Même de minimes variations de températures permettent parfois de modifier la symptomatologie [47]. La cryothérapie semble cependant plus efficace aux membres inférieurs qu'aux membres supérieurs et la durée de ses bienfaits oscille entre 30 minutes et 3 heures [40] [42] [50] [51]. Toutefois, il est possible parfois d'observer une disparition complète de la spasticité gênante pendant 10 heures après l'application d'un bain froid [42].

L'utilisation de cryothérapie n'agit pas uniquement sur la spasticité mais plusieurs articles nous confirment qu'elle joue également un rôle non négligeable dans l'amélioration de symptômes telles que la fatigue, la force musculaire, l'équilibre, la marche, les transferts, la fonction motrice, les tremblements d'intentions ou encore le temps de récupération musculaire [41] [49] [51] [54] [55] [56] [57]. L'effet de la physiothérapie froide reste néanmoins très variable d'un patient à l'autre avec un impact plus ou moins important sur les différents symptômes de la sclérose en plaques. Les auteurs des différents articles tentent d'expliquer l'action du froid par une diminution de la sensibilité des récepteurs cutanés, la diminution de la décharge du fuseau neuromusculaire due à la baisse de la température musculaire, et également la diminution de la vitesse de conduction nerveuse [51] [57] [58].



A noter que chez certains patients, l'application de froid peut aggraver la spasticité [42] [48] [51]. Dans ce cas, il faut mettre un terme à ce type de traitement [51].

## **7. DISCUSSION :**

La cryothérapie est l'une des techniques kinésithérapiques les plus utilisées chez les patients atteints de sclérose en plaques [48]. Elle n'est pas pratiquée pour une minorité de cas où la thermothérapie n'affecte pas les patients. Cependant, l'application de cette technique est relativement longue entre le temps de préparation et le temps d'application des bains ou douches froides (30 minutes de bain froid +/- 15 minutes de préparation) et immobilise le kinésithérapeute qui ne peut laisser son patient sans surveillance [41]. C'est pourquoi, nous pouvons nous demander, connaissant les vertus de la Cryothérapie du Corps Entier, si l'application de cure de CCE pour des patients atteints de SEP et thermosensible ne serait pas bénéfique à leur rééducation. En effet, la CCE présente l'avantage de pouvoir traiter plusieurs patients lors d'une même séance (3 ou 4 patients maximum) sous la surveillance d'un seul masseur-kinésithérapeute. Le temps d'application de la séance est également beaucoup moins important (de l'ordre de 3 minutes en général) et présente l'avantage de diminuer suffisamment la température cutanée pour modifier l'excitabilité des motoneurones spinaux [58] et ainsi influencer de manière positive les symptômes de la sclérose en plaques. Nous constatons que la CCE a également un impact positif sur les syndromes dépressifs notamment grâce à l'amélioration de la qualité de leur sommeil. Elle facilite également la récupération musculaire, ce qui paraît intéressant dans le cadre de la fatigue importante ressentie par les patients atteints de sclérose en plaques.

## **8. CONCLUSION :**

La CCE est un arsenal thérapeutique récent qui d'après la littérature n'est pas nuisible ou préjudiciable chez les sujets sains. Il faut cependant rester prudent chez les sujets présentant certaines pathologies notamment chez l'asthmatique ou les sujets avec différents problèmes cardiaques par exemple. Il est reconnu que la CCE induit des changements ou des adaptations physiologiques notamment au niveau du stress oxydatif, de différents marqueurs de l'inflammation, ou encore selon certains auteurs de la fréquence cardiaque ou de la tension artérielle. Elle permet également une meilleure récupération musculaire après un effort.

L'application de cryothérapie plus classique chez les sujets atteints de SEP est très efficace pour la plupart d'entre eux. Il est très important que le kinésithérapeute mette en place et explique aux patients l'apport que ce type de thérapie peut entraîner. En effet, la réalisation de refroidissement quotidien (par des bains froids par exemple) peut permettre à ces patients d'acquérir une meilleure autonomie mais peut également leur permettre de diminuer la dose de médicaments qu'ils doivent prendre quotidiennement.

Compte tenu des effets de la CCE et de l'impact positif qu'apporte la cryothérapie chez la plupart des patients sclérosés, il serait intéressant de réaliser des études afin de voir si cette nouvelle thérapie peut permettre par la réalisation de cure d'améliorer considérablement la qualité de vie de ces patients, objectif principal de notre prise en charge masso-kinésithérapique.

## BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Barbiche E. Intérêt de la cryothérapie du corps entier dans la rééducation du sportif de haut niveau, en phase de renforcement, à distance d'une ligamentoplastie du genou. 2006. Thèse de Médecine générale, CERS Capbreton, p. 121.
- [2] Cluzeau C. La cryothérapie gazeuse hyperbare : conception, validation, observations cliniques d'une nouvelle technique de cryothérapie. 2010. Thèse de Doctorat Sciences de la vie et de la santé, Université de Franche Comte, Besançon, p.172
- [3] QUESNOT A., CHANUSSOT J-C., CORBEL I. – La cryothérapie en rééducation : revue de la littérature. KS 2001 ; 412 : 39-48.
- [4] Cholewka A., Stanek A., Sieron A., Drzazga Z. - Thermography study of skin response due to whole-body cryotherapy. *Skin Research and Technology* 2011; 18; 180-187
- [5] Westerlund T., Oksa J., Smolander J., Mikkelsen M. - Thermal responses during and after whole body cryotherapy (-110°C). *Journal of Thermal Biology* 2003; vol 28 (8); pp 601-608
- [6] Racinais S., Oksa J. - Temperature and neuromuscular function. *Scand J Med Sci Sports*. 2010 Oct; 20 (3); pp 1-18
- [7] Westerlund T. Thermal, circulatory and neuromuscular responses to WBC. 2009. Thèse Médecine, Université de Oulu (Finlande), p. 76.
- [8] Castellani JM., Brenner I., Rhind S. - Cold exposure: human immune responses and intracellular cytokine expression. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(12); 2013-2020

- [9] Rozenblat M. – Neurocryostimulation. *Le rhumatologue* 2008; 65; 1-3
- [10] Rymaszewska J., Ramsey D. - Whole body cryotherapy as a novel adjuvant therapy for depression and anxiety. *Archives of Psychiatry and Psychotherapy*, 2008; (2); 49–57
- [11] Hirvonen HE., Mikkelsson MK., Kautiainen H., Pohjolainen TH., Leirisalo-Repo M. - Effectiveness of different cryotherapies on pain and disease activity in active rheumatoid arthritis. A randomised single blinded controlled trial. *Clinical and Experimental Rheumatology* 2006; 24; 295-301
- [12] Klimenko T., Ahvenainen S., Karvonen SL. - Whole-Body Cryotherapy in Atopic Dermatitis. *Arch Dermatol.* 2008; 144(6); 806-808.
- [13] Rozenblat M., Cluzeau C. - La place de la neurocryostimulation en traumatology du sport. *J.Traumatol.Sport.* 2006 (23) ; 52-55
- [14] Savalli L., Olave P., Hernandez Sendin MI., Laboute E., Trouvé P., Puig PL. – Cryothérapie corps entier à -110°C. Mesure des températures cutanées et centrale chez le sportif. *Science&Sport.* 2006 (21) 36-38
- [15] Smolander J., Westerlund T., Uusitalo A., Dugue B., Oksa J., Mikkelsson M. - Lung function after acute and repeated exposures to extremely cold air -110°C during whole-body cryotherapy. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2006 (26); pp232–234
- [16] Lubkowska A., Szygula Z.- Changes in blood pressure with compensatory heart rate decrease and in the level of aerobic capacity in response to repeated whole-body cryostimulation in normotensive young and physically active men. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2010; 23(4); 367 – 375

- [17] Lubkowska A., Suska M. - The increase in systolic and diastolic blood pressure after exposure to cryogenic temperatures in normotensive men as a contraindication for whole-body cryostimulation. *Journal of Thermal Biology*. 2011; 36; 264–268
- [18] Westerlund T., Oksa J., Smolander J., Mikkelsen M. - Neuromuscular adaptation after repeated exposure to whole-body cryotherapy (–110 °C). *Journal of Thermal Biology*. 2009; 34; 226-231
- [19] Banfi G., Melegati G., Barassi A., Melzi d'Eril G. - Effects of the whole-body cryotherapy on NTproBNP, hsCRP and troponin I in athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2009; 12; 609–610
- [20] Lubkowska A., Suska M., Chudecka M., Fraczek B., Klimek A. – Influence of the ten sessions of the whole body cryostimulation on aerobic and anaerobic capacity. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. 2010; 23(2); 181 – 189
- [21] Lubkowska A., Szygula Z., Chudecka M., Fraczek B., Klimek A. – Acute effect of a single whole-body cryostimulation on prooxidant–antioxidant balance in blood of healthy, young men. *Journal of Thermal Biology*. 2008; 33; 464–467
- [22] 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; 101; 137–142
- [23] Wozniak A., Wozniak B., Mila-Kierzenkowska C., Boraczynski T., Jurecka A., Augustynska B. - The effect of whole-body cryostimulation on the activity of lysosomal enzymes in kayaker women after intense exercise. *Journal of Thermal Biology*. 2011; 36; 29–

- [24] Leppäluoto J., Westerlund T., Huttunen P., Oksa J., Smolander J., Dugue B., Mikkelsen M. - Effect 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; 145–153.
- [25] Banfi G., Lombardi G., Colombini A., Melegati G. - Whole-body cryotherapy in athletes. *Sports Med.* 2010; 40(6); 509-517.
- [26] Smolander J., Leppäluoto J., Westerlund T., Oksa J., Dugue B., Mikkelsen M., Ruokonen A. - Effects of repeated whole-body cold exposures on serum concentrations of growth hormone, thyrotropin, prolactin and thyroid hormones in healthy women. *Cryobiology.* 2009; 58; 275–278
- [27] Banfi G., Melegati G., Barassi A., Melzi d’Eril G. – Beneficial effects of the whole-body cryotherapy on sport hemolysis. *Journal of Human Sport & Exercise.* 2009; 4(2); 189-193
- [28] Banfi G., Melegati G., Barassi A., Melzi d’Eril G., Dugué B., Corsi MM., Dogliotti G. - Effects of whole-body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes. *Journal of Thermal Biology.* 2009; 34; 55–59
- [29] Pournot H, Bieuzen F, Louis J, Fillard J-R, Barbiche E, et al. (2011) Time-Course of Changes in Inflammatory Response after Whole-Body Cryotherapy Multi Exposures following Severe Exercise. *PLoS ONE* 6(7): e22748. doi:10.1371/journal.pone.0022748
- [30] Lubkowska A., Szygula Z., Klimek A., 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; 67–72

- [31] Dugué B., Smolander J., Westerlund J., Oksa J., Nieminen R., Moilanen E., Mikkelsen M. - 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; 395–402
- [32] Wozniak A., Wozniak B., Mila-Kierzenkowska C., Drewa G., Drewa T., Rakowski A., Czajkowski R. – Effect of cryogenic temperatures and exercise on lipid peroxidation in kayakers. *Biology of Sport.* 2005; 22; 247-260
- [33] 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.* DOI 10.1007/s00421-011-2122-x
- [34] Miller E., Mrowicka M., Malinowska K., Zolynski 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. *The Journal of Medical Investigation.* 2010; 57; 168-173
- [35] Miller E., Mrowicka M., Malinowska K., Mrowicki J., Saluk-Juszczak J., Kedziora J. - The effects of whole-body cryotherapy on oxidative stress in multiple sclerosis patients. *Journal of Thermal Biology.* 2010; 35; 406–410
- [36] Miller E., Kedziora J. - Effect of whole body cryotherapy on uric acid concentration in plasma of multiple sclerosis patients. *Int. Rev. Allergol. Clin. Immunol.* 2011; 17 (1-2); 20-23
- [37] Hausswirth C, Louis J, Bieuzen F, Pournot H, Fournier J, et al. (2011) Effects of Whole-Body Cryotherapy vs. Far-Infrared vs. Passive Modalities on Recovery from Exercise-Induced Muscle Damage in Highly-Trained Runners. *PLoS ONE* 6(12): e27749. doi:10.1371/journal.pone.0027749

- [38] Hausswirth 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), doi:10.1016/j.scispo.2009.12.001
- [39] Donzé C. - Rééducation fonctionnelle et sclérose en plaques : une vue d'ensemble. *Rev Neurol (Paris)* 2007 ; 163 : 6-7, 711-719
- [40] Mailhan L. – Prise en charge de la spasticité dans la sclérose en plaques. *Lett. Méd. Phys. Réadapt.* (2010) 26:167-170
- [41] Bertrand V., Berthezène D., Besson P., Exbrayat Y., Gibelin A. – Utilisation de la cryothérapie contre la spasticité dans la sclérose en plaques. *Ann. Kinésithér.*, 1986, t 13, n° 7-8, pp. 339-342
- [42] Rémy-Néris O., Denys P., Azouvi P., Jouffroy A., Faivre S., Laurens A., Bussel B. – Spasticité. *Encycl Méd Chir, Kinésithérapie-Médecine Physique-Réadaptation.* 1997;26-011-A-10
- [43] Marque P., Brassat D. – Physiopathologie de la spasticité. *Revue Neurologique* 168 (2012) S36-S44
- [44] Chauvière C. – La spasticité mécanismes et traitements kinésithérapiques. *Kinésithérapie, les cahiers* N° 2-3 - Février-mars 2002 p. 66-71
- [45] Pappalardo A., Castiglione A., Restivo D.A., Calabrese A., Patti F. - Non-pharmacologic interventions for spasticity associated with multiple sclerosis. *Neurol Sci* (2006) 27 : S316–S319



- [46] Mazevet D., Deffontaines S. – Spasticité : actualités dans la physiopathologie et la prise en charge. La Lettre du Neurologue – vol. IX – n° 10 – Décembre 2005
- [47] Gallien P., Nicolas B., Guichet A. – Sclérose en plaques et organisation de la rééducation. Kinésithérapie-Médecine Physique-Réadaptation. 2009 [26-431-A-10] - Doi : 10.1016/S1283-0887(09)43957-4
- [48] Sultana R., Mesure S., Le Dafniet V., Bardot P., Heurley G., Crucy M. – Sclérose en plaques et kinésithérapie. Kinésithérapie-Médecine Physique-Réadaptation. 2010 [26-431-A-20]
- [49] Kinnman J., Andersson T., Andersson G. – Effect of cooling suit treatment in patients with multiple sclerosis evaluated by evoked potentials. Scand J Rehab Med 2000 ; 32 : 16-19
- [50] Mailhan L., Papeix C. - Traitements non médicamenteux de la spasticité dans la sclérose en plaques. Revue Neurologique 168 (2012) S57-S61
- [51] Petrilli S., Durufle A., Nicolas B., Robineau S., Kerdoncuff B., Le Tallec H., Lasalle A., Gallien P. – Influence des variations de la température sur la symptomatologie clinique dans la sclérose en plaques : étude épidémiologique. Annales de réadaptation et de médecine physique 47 (2004) 204-208
- [52] Allison SC., Abraham LD. - Sensitivity of qualitative and quantitative spasticity measures to clinical treatment with cryotherapy. International Journal of Rehabilitation Research 24 (2001), 15-24.
- [53] Monteil-Roch I. - Principes de rééducation dans la sclérose en plaques. Lett. Méd. Phys. Réadapt. (2010) 26 : 160-166

[54] Kinnman J., Andersson U., Wetterquist L., Kinnman Y., Andersson U. – Cooling suit for multiple sclerosis – functional improvement in daily living ? Scand J Rehab Med 2000 ; 32 : 20-24

[55] Nilsagard Y., Denison E., Gunnarsson LG. – Evaluation of a single session with cooling garment for persons with multiple sclerosis – a randomized trials. Disability and Rehabilitation : Assistive Technology, September 2006; 1(4): 225 – 233

[56] Meyer-Heim A., Rothmaier M., Weder M., Kool J., Schenk P., Kesselring J. – Advanced lightweight cooling-garment technology : functional improvements in thermosensitive patients with multiple sclerosis. Multiple sclerosis 2007 ; 13 : 232-237

[57] Feys P., Helsen W., Liu X., Mooren D., Albrecht H., Nuttin B., Ketalaer P. - Effects of peripheral cooling on intention tremor in multiple sclerosis. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2005 ; 76 : 373–379

[58] Galea MP. - Physical modalities in the treatment of neurological dysfunction. Clinical Neurology and Neurosurgery 114 (2012) 483–488

Autres sources utilisés :

- Power point de présentation de la CCE à la commission médicale de l'INSEP à paris le 20 novembre 2010 par Mr Hauswirth. C
- Sites internet de différents centres de cryothérapie du corps entier :
  - o [www.icce.fr](http://www.icce.fr)
  - o [www.criotec.fr](http://www.criotec.fr)
  - o [www.insep.fr](http://www.insep.fr)
  - o [www.cryotechno.com](http://www.cryotechno.com)
  - o [www.cryolux.lu](http://www.cryolux.lu)

## **ANNEXES**

4 pièces jointes (total 792,2 Ko)

Affichage dynamique Hotmail

 2009-J.T..pdf  
Télécharger (157,4 Ko)

 2009-Cy..pdf  
Télécharger (143,8 Ko)

 2008-5ca..pdf  
Télécharger (317,2 Ko)

 2005-5can..pdf  
Télécharger (173,9 Ko)

Télécharger tout en tant que zip

Voilà quelques études sur le sujet. Bonne chance pour votre mémoire.  
Cordialement. Benoit Dugué

Guillaume GEIGER <yauwegni-54@hotmail.fr> a écrit :

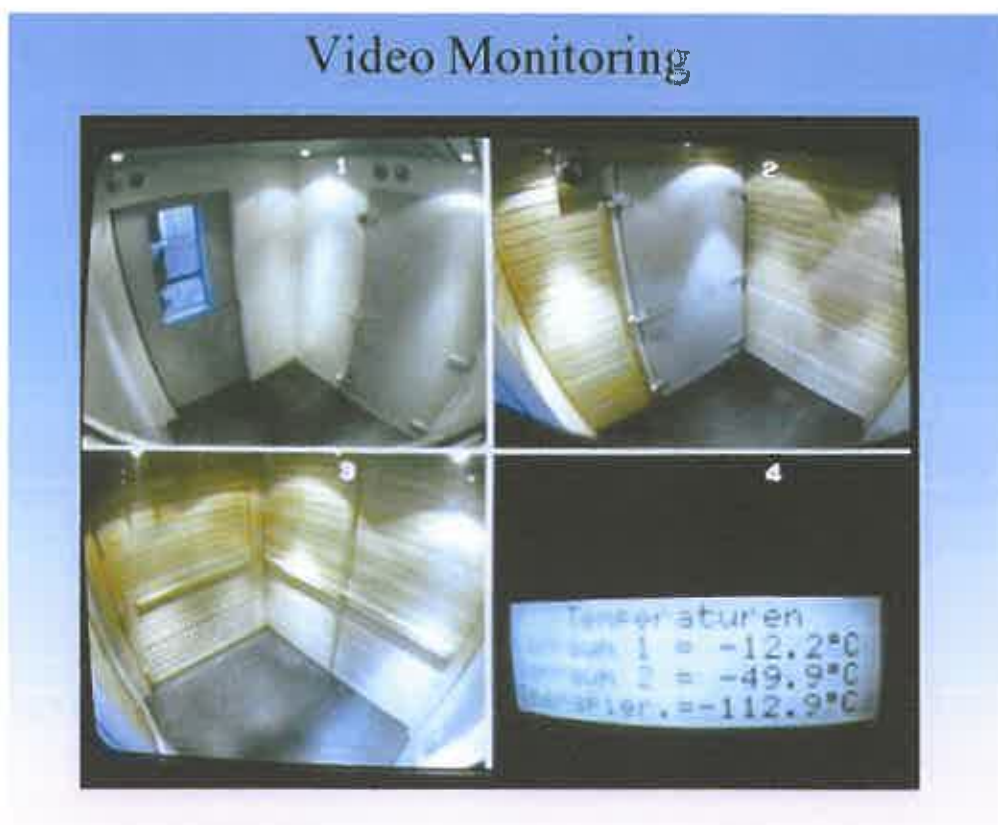
- >
- > Bonjour Mr Dugué, je me présente je m'appelle Geiger Guillaume et je
- > suis étudiant en 3<sup>e</sup>me année de masseur-kinésithérapeute à l'IFSK de
- > Nancy ! Je réalise actuellement un mémoire dans le but de
- > l'obtention de mon diplôme d'État pourant sur le sujet de la
- > cryothérapie du corps entier. Je me permet de vous écrire pour
- > savoir s'il est possible d'avoir accès à l'article "Effects of
- > long-term whole-body cold exposures on plasma
- > concentrations of ACTH, beta-endorphin, cortisol, catecholamines and
- > cytokines in healthy females" auquel vous avez participé pour sa rédaction.
- > Je vous remercie d'avance pour votre aide et je vous souhaite une
- > bonne journée !
- > Geiger Guillaume (yauwegni-54@hotmail.fr)
- >

Annexe 1 : Mail de Mr Dugué Benoit et envoi de quelques articles en réponse à la demande d'accès à un article auquel il a participé:

Annexe 2 : chambre de cryothérapie du corps entier type avec la première salle à 10°C, la seconde à -60° C et la dernière chambre à -110°C.



Annexe 3 : Monitoring de surveillance des 3 salles de cryothérapie du corps entier :

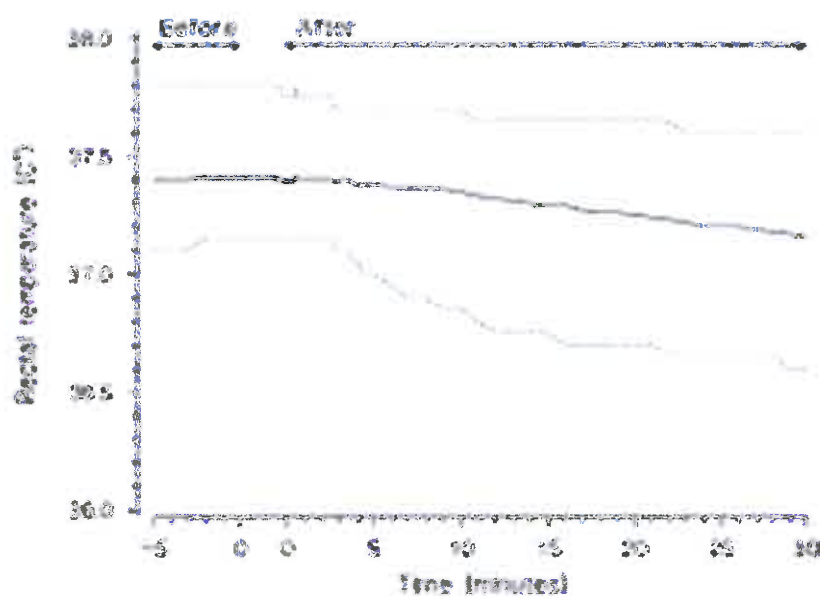
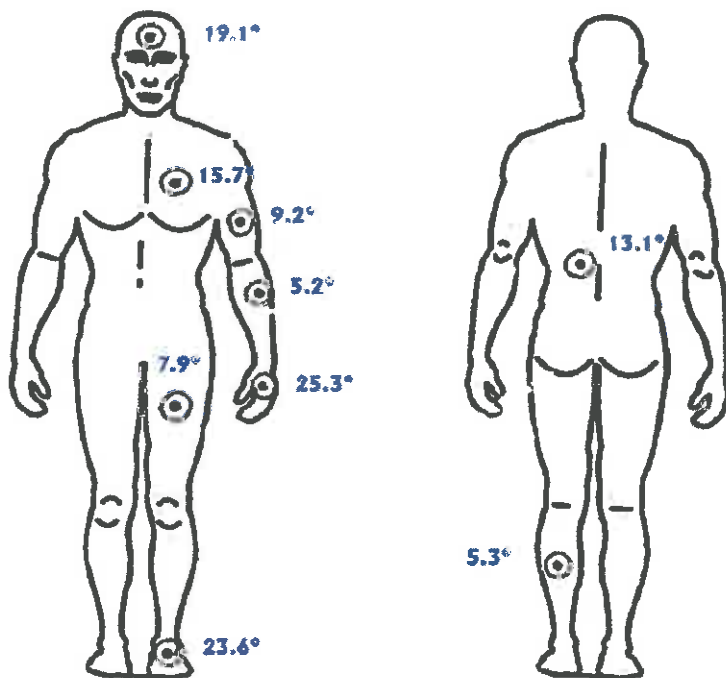


**Annexe 4 : Vêtements de protection pour entrer dans la salle de cryothérapie du corps entier.**



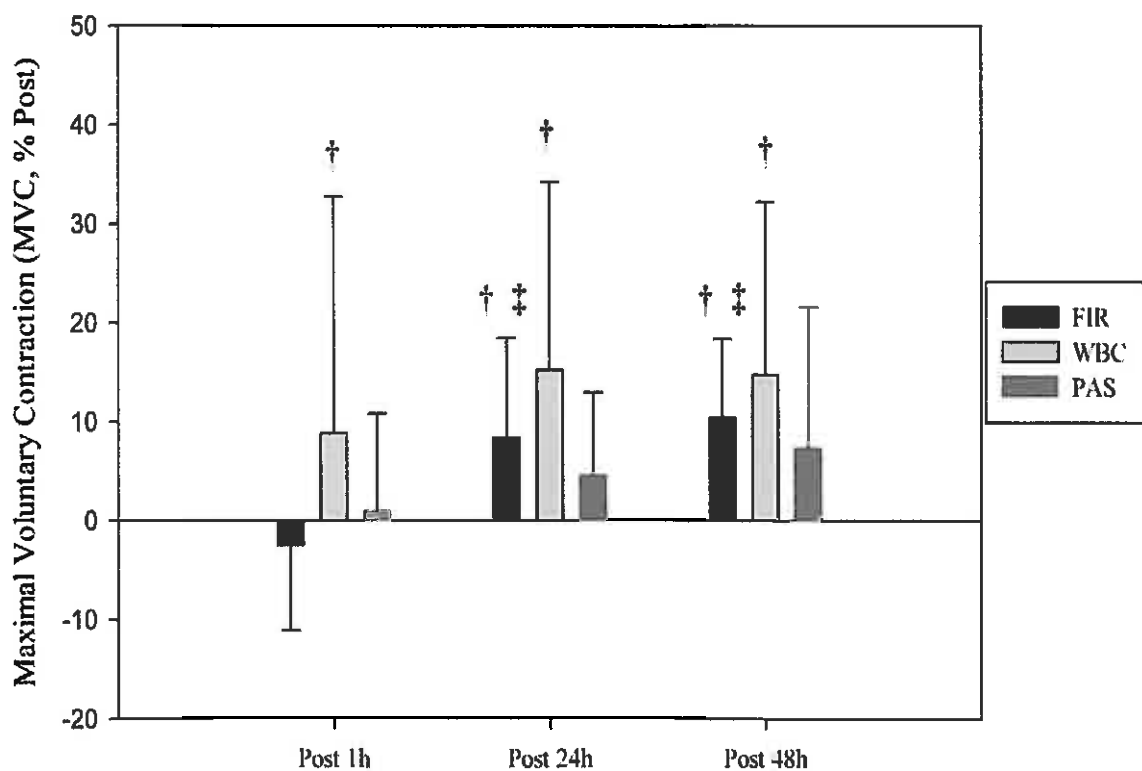


**Annexe 5 :** Variation de la température centrale et cutanée après une séance de cryothérapie du corps entier.



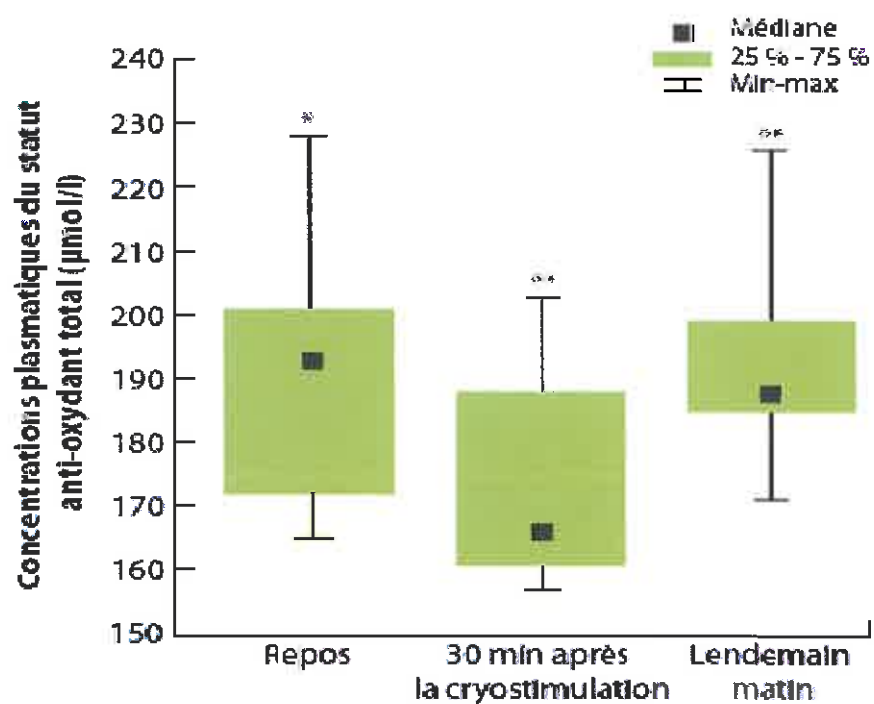
Issue de Westerlund et al. Journal of Thermal Biology 2003 [5]

**Annexe 6 :** Récupération de la force maximale volontaire après un exercice de course de haute intensité suivant 3 modes de récupération : une récupération à l'aide d'une thérapie de lumière infrarouge (FIR), une récupération par la thérapie de la cryothérapie du corps entier (WBC) ainsi qu'une récupération totalement passive (PAS). Cette mesure de la force maximale volontaire a été effectuée 1 heure après (post 1h), 24 heures après (post 24h) et 48 heures après (post 48 h) la fin de l'exercice de course et de l'application de leur thérapie de récupération.



Issue de l'étude de Hausswirth et Al. (2011) [www.Plosone.org](http://www.Plosone.org)

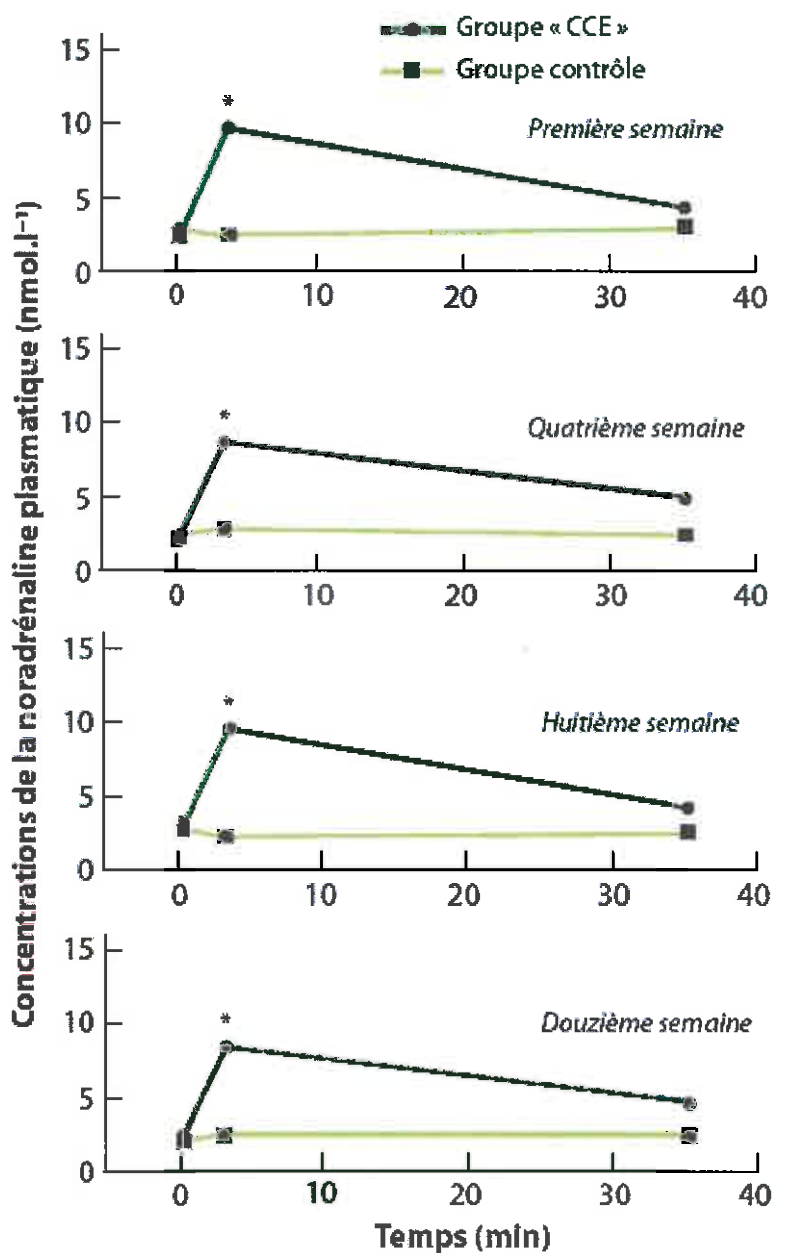
**Annexe 7** : Variation du statut anti-oxydant total du plasma après une séance de CCE.



\* : Différence significative entre « Repos » et « 30 min après la cryostimulation » ( $P < 0,05$ ) ;

\*\* : Différence significative entre « 30 min après la cryostimulation » et « Lendemain matin » ( $P < 0,01$ ).

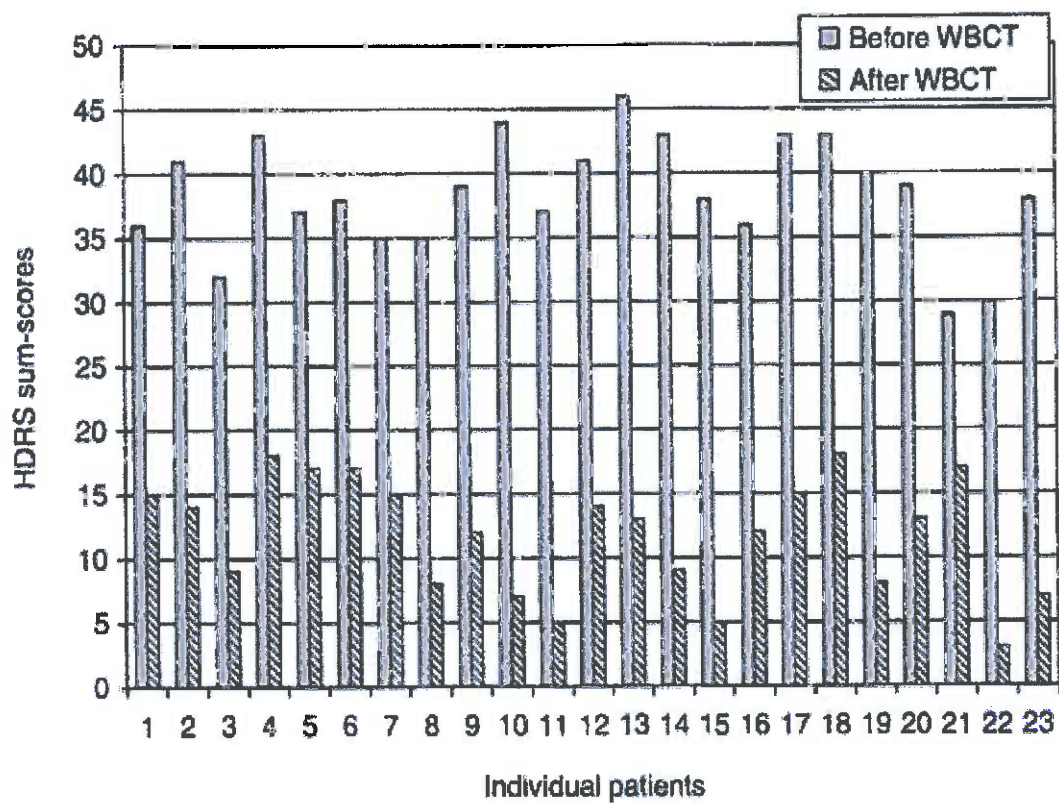
**Annexe 8 : Variation du taux de Noradrénaline plasmatique suite à l'exposition à la CCE.**



\* : Différence significative avec la valeur initiale ( $P < 0,01$ ).

Issue de Leppäluoto et Al. (2008) the scandinavian journal of clinical and laboratory investigation

Annexe 9 : Influence de la CCE sur les symptômes dépressifs. Evaluation des syndromes dépressifs suivant l'échelle HDRS entre avant la cryothérapie du corps entier (Before WBCT) et après la cryothérapie du corps entier (After WBCT).



Issue du power point de présentation de la cryothérapie du corps entier présenté à l'INSEP par le DR Hausswirth en 2010.

**Annexe 10 : Différentes formes de cryothérapies**



**Poche de glace**



**Hot and cold pack**



**Cryo-cuff**



**Cryothérapie gazeuse hyperbare**



« Winter swimming » ou natation d'hiver