

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	2
INTRODUCTION.....	4
MATÉRIEL ET MÉTHODE	5
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE	6
A- LA CRYOTHÉRAPIE CORPS ENTIER (CCE)	6
1- Historique	6
2- Composition et fonctionnement du caisson hypothermique.....	8
3- Les domaines d'applications	12
3.1 Rhumatologie	12
3.2 Traumatologie	14
3.3 Kinésithérapie du sport	15
3.4 Neurologie.....	17
3.5 Autres.....	19
4- Les effets de la CCE.....	22
4.1 Choc thermique	23
4.2 Antalgique	23
4.3 Anti- inflammatoire.....	25
4.4 Musculaires	26
4.5 Thermique	27
4.6 Cardio vasculaire.....	30
4.8 Hormonal	32
4.9 Autres.....	33
5- Les indications	35
5.1 Médicales	35
5.1.1 Appareil locomoteur	35
5.1.2 Autres.....	35
5.2 Sportives.....	36
6- Les contre-indications.....	36
7- La séance	37
7.1 Précautions d'utilisation.....	37
7.2 Description de la séance.....	37
7.3 Fréquence.....	38
8- La réglementation.....	39
8.1 Agence Mondiale Anti dopage.....	39
8.2 Normalisation CE	39
8.3 Exigences d'implantation.....	39
9- Aspects économiques	40
9.1 Du matériel.....	40
9.2 De la séance.....	40
9.3 Des consommables	41
9.4 De la maintenance	41

B-	LES ŒDÈMES	42
1-	<i>Le système veineux des membres inférieurs</i>	<i>42</i>
1.1	Histologie	42
1.2	Anatomie.....	44
1.3	Physiologie	46
1.4	Innervation.....	48
2-	<i>Le système lymphatique</i>	<i>49</i>
2.1	Histologie	49
2.2	Anatomie.....	51
2.3	Physiologie	53
3-	<i>Échanges dans la microcirculation.....</i>	<i>55</i>
4-	<i>Les œdèmes.....</i>	<i>57</i>
4.1	Physiologie	57
4.2	Les types d'œdèmes.....	58
4.3	Clinique	59
C-	TRAITEMENT DES ŒDÈMES POST-TRAUMATIQUES PAR CRYOTHÉRAPIE	62

CHAPITRE II : DISCUSSION ET PRÉSENTATION D'UN PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

67

A- DISCUSSION.....

67

B- PRÉSENTATION D'UN PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL.....

73

1-	<i>Objectif.....</i>	<i>73</i>
2-	<i>Population de l'étude choisie</i>	<i>73</i>
2.1	Groupes.....	73
2.2	Critères d'inclusion	74
2.3	Critères d'exclusion.....	74
3-	<i>Matériel et méthode</i>	<i>75</i>
3.1	Matériel.....	75
3.2	Méthode.....	75
4-	<i>Évaluation du patient.....</i>	<i>78</i>
4.1	Installation du patient.....	78
4.2	Repères et réalisation de la mesure.....	78
4.3	Évaluation de la douleur.....	80

CHAPITRE III : CONCLUSION

81

BIBLIOGRAPHIE

RÉSUMÉ

ANNEXES

LISTE DES FIGURES

<i>Figures</i>	Légendes	Pages
1	Photo illustrant un capteur thermique à l'intérieur d'un caisson de la marque Cryoclinic Systems.	6
2	Photo illustrant le contrôle visuel depuis l'extérieur du caisson par un thérapeute.	6
3	Compresseurs utilisés pour le caisson hypothermique de la marque « Zimmer Medizin »	7
4	Schéma d'un caisson hypothermique de la marque « Zimmer Medizin System »	8
5	Photo illustrant le caisson hypothermique Cryoclinic Systems	8
6	Photo illustrant le caisson hypothermique Criotec	9
7	Schéma (traduit) de l'évolution de la douleur chez les patients atteints d'arthrite rhumatoïde avec ou sans traitement par cryothérapie corps entier.	11
8	Schéma (traduit) de l'évolution de la raideur matinale chez les patients atteints d'arthrite rhumatoïde avec ou sans traitement par cryothérapie corps entier.	11
9	Tableau (traduit) d'évolution des scores des échelles d'anxiété et de dépression dans le groupe étudié et le groupe contrôle.	17
10	Illustration de la théorie de la « porte médullaire sélective » selon Melzack et Wall	22
11	Schéma (traduit) des activités électromyographiques des muscles agoniste et antagoniste après 3 mois de CCE après un « drop-jump ».	24
12	Évolution de la température centrale après la CCE.	25
13	Évolution de la température cutanée après la CCE.	26
14	Schéma (traduit) de la température rectal au cours du temps avant et après la CCE.	26
15	Illustration de la structure de la veine.	41

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

16	Représentation schématique des valvules et de leur fonctionnement	42
17	Schéma des veines du pied et de la jambe.	43
18	Schéma des veines au niveau du bassin.	44
19	Relation entre le système cardiovasculaire et le système lymphatique.	48
20	Schéma des lymphonœuds inguinaux, iliaques et poplités	50
21	Schéma illustrant les principaux conduits lymphatiques du tronc.	50
22	Schéma (traduit) expliquant la relation entre les vaisseaux sanguins et le lymphatique initial	51
23	Schéma des échanges liquidiens au niveau des capillaires.	53
24	Schéma expliquant les variations de pressions	54
25	Classification des signes de différenciations des œdèmes.	59
26	Schéma (traduit) de l'augmentation de l'inflammation (CRP) entre les différents traitements (pré-opératoire, 6 jours post-opératoire, 24 jours post-opératoire).	61
27	Schéma (traduit) des mesure des volumes de l'œdème après une opération dentaire avec et sans cryothérapie.	63
28	Photo d'un cryosauna de la marque « Criotec »	70
29	Mise en place de l'appareillage de mesure et positionnement du patient.	75
30	EVA côté patient	78
31	EVA côté thérapeute	78

INTRODUCTION

Au cours du temps, les avancées de la médecine ont permis d'élargir le champ d'utilisation de la cryothérapie. Les indications et les modalités d'applications ont évolué pour améliorer l'efficacité de la technique dans la lutte contre la douleur.

La cryothérapie corps entier à -110°C est une méthode de cryothérapie récente puisqu'elle date de 1978. Cette technique est largement utilisée dans le Nord et l'Est de l'Europe par les sportifs de Haut Niveau ainsi que par les personnes présentant des douleurs rhumatismales. Elle commence à se développer dans nos pays. Les bienfaits, apportés aux patients par l'utilisation des caissons hypothermiques, m'ont toujours intriguée.

Depuis quelques années, les recherches sur la cryothérapie corps entier sont en plein essor. D'autre part, ce mémoire s'insère dans un continuum d'études centrées sur les effets de la cryothérapie corps entier et sur l'étude des œdèmes.

Mr Bayard et moi-même, nous sommes donc penchés sur le sujet pour réaliser une recherche bibliographique exhaustive sur la cryothérapie corps entier et sur les œdèmes des membres inférieurs.

Nous allons décrire dans un premier temps, la littérature relative à la cryothérapie corps entier, aux œdèmes des membres inférieurs et au traitement des œdèmes post-traumatiques par la cryothérapie. La deuxième partie sera consacrée à l'analyse de nos recherches. Pour conclure, nous proposerons un protocole expérimental de recherche explorant « l'impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou ».

MATÉRIEL ET MÉTHODE

L'objectif de ce mémoire est de faire, à l'aide d'articles, d'ouvrages et de thèses, une revue de la littérature centrée sur la cryothérapie corps entier, les œdèmes des membres inférieurs et la littérature consacrée aux œdèmes post-traumatiques et post chirurgicaux par la cryothérapie.

A cette fin, nous nous rendrons à la Haute École de la province de Liège, au Centre Hospitalier Universitaire de Liège ainsi qu'à l'Université Catholique de Louvain.

En France, les recherches seront réalisées à la bibliothèque universitaire de Dijon, de Besançon et à l'Institut National des Sports et de l'Éducation Physique (INSEP) à Paris.

Les recherches seront également effectuées sur le site de l'université de Karlsruhe en Allemagne et à l'aide d'internet.

Nous résumerons et mettrons en confrontation les données de nos recherches. Nous proposerons un protocole expérimental qui tentera de répondre aux questions restées en suspens.

CHAPITRE I : Revue de la littérature

Dans ce chapitre, à l'aide de la littérature, nous essayerons, en 3 parties, de cerner les principales notions de la cryothérapie corps entier, de l'œdème et du traitement des œdèmes post-traumatiques par la cryothérapie :

A- La cryothérapie corps entier (CCE)

B- Les œdèmes

C- Traitement des œdèmes post-traumatiques par la cryothérapie

A- La cryothérapie corps entier (CCE)

1- Historique

C'est au Japon, en 1978, que le professeur YAMAUCHI a introduit la cryothérapie corps entier. Il voulait que les bénéfices apportés par l'application du froid localement soient transposable à l'ensemble du corps. [1]

L'application globale du froid présente un autre intérêt. Par les caissons hypothermiques, on évite de répéter plusieurs applications locales sur les différentes zones douloureuses. [1]

Sa technique fut reprise et développée par le professeur allemand R. FRICKE en 1982, à Sendenhorst en Allemagne. [2]

En 1985, la Weserland Klinik de Vlotho en Pologne ouvre le premier caisson hypothermique qui permet de développer le concept de cryothérapie corps entier. [3]

A partir de cette date, de nombreux pays européens, principalement en Europe de l'Est et du Nord, optèrent pour cette technique.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Les caissons créés par YAMAUCHI utilisaient de l'azote liquide alors que ceux du professeur FRICKE fonctionnent grâce à trois compressions successives d'un gaz frigorigère.
[3]

En France, le premier caisson fit son apparition en 2004 au Centre Européen de Rééducation du Sportif (CERS) à Cap Breton. Le caisson a été fermé en 2008 car il était installé sur un site provisoire et présentait un défaut de fonctionnement.

Depuis 2009, un autre caisson est en fonctionnement à l'Institut National des Sports et de l'Éducation Physique à Paris.

Un institut de cryothérapie corps entier a ouvert début Avril à La Seyne sur Mer (Toulon) en France. Contrairement aux deux centres précédents, l'institut de cryothérapie corps entier, n'est pas réservé en priorité aux sportifs.

En 2010, un autre institut de cryothérapie corps entier devrait ouvrir à Marne la Vallée et un caisson hypothermique doit aussi être installé à Besançon.

En Belgique, aucun caisson n'est construit, ni même en projet de construction. En Mars 2010, l'équipe belge de relais 4x400m en athlétisme a utilisé pour la première fois, la cryothérapie corps entier pour la préparation (team building) des championnats du monde d'athlétisme indoor. La cabine de cryothérapie corps entier utilisée est un cryosauna (1). Un tel appareil est installé depuis peu en Belgique.

(1) Après avoir contacté la fédération belge d'athlétisme et l'hôtel du « Château du lac » à Genval, il nous apparait que l'appareil n'appartient ni à l'un, ni à l'autre.

2- Composition et fonctionnement du caisson hypothermique

Dans la cryothérapie corps entier, le principe est que l'air soit sec et froid. [3]

Les caissons hypothermiques sont constitués en général de trois sas. Chaque sas est fermé hermétiquement. [1]

Dans le premier sas, la température est de -10°C . Cette pièce est appelée le sas d'acclimatation. Le second est le sas d'acclimatation où la température est de -60°C . Le dernier sas est celui où la température est la plus basse c'est-à-dire -110°C . C'est la zone de traitement par choc thermique. [4]

Les caissons hypothermiques sont équipés de capteurs thermiques à l'intérieur du caisson et d'une borne de commande à l'extérieur pour maintenir la température constante. [5]



Fig.1 : Photo illustrant un capteur thermique à l'intérieur d'un caisson de la marque Cryoclinic Systems. [6]

Le patient est constamment surveillé, grâce à une installation audio vidéo qui permet de visualiser l'intérieur du caisson. Ce contact rassure le patient et le met en sécurité.



Fig.2 : Photo illustrant le contrôle visuel depuis l'extérieur du caisson par un thérapeute. [5]

Actuellement, certains caissons utilisés en Europe sont équipés de compresseurs. [4]



Fig.3 : Compresseurs utilisés pour le caisson hypothermique de la marque « Zimmer Medizin » [5]

Les caissons allemands de la marque « Zimmer Medizin System » sont équipés de compresseurs qui produisent de la chaleur pour créer un froid intense. La chaleur produite, peut être récupérée pour alimenter par exemple une piscine de rééducation. [7]

Les compresseurs sont installés dans une pièce séparée du caisson. La distance, entre les compresseurs et le caisson, est de maximum 20 mètres. [5]

L'air refroidi arrive dans chaque sas par une cloison et circule sous forme de courant d'air laminaire. La cloison opposée permet d'évacuer l'air. [1]

Les compresseurs présentent des inconvénients tels que [4] :

- dans le caisson, le froid est ventilé à 0,2 à 0,5m/s. Le risque de brûlure par le froid est plus élevé.
- les compresseurs font beaucoup de bruit.
- les compresseurs doivent rester constamment en fonctionnement et maintenir une température de -20°C minimum, entraînant des frais de fonctionnement élevé.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Les avantages du caisson de chez Zimmer sont [5] :

- pas de consommable à prévoir.
- possibilité de redistribuer la chaleur produite.

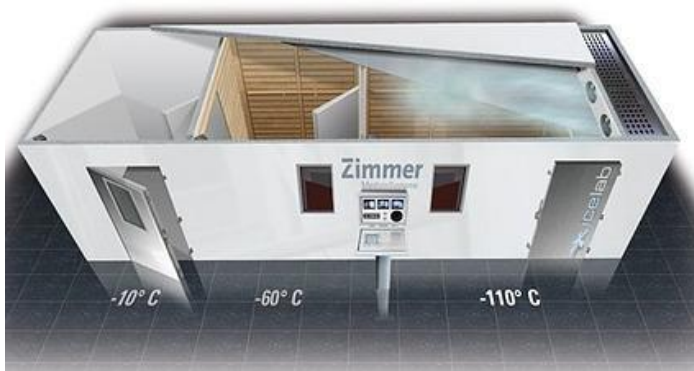


Fig.4 : Schéma d'un caisson hypothermique de la marque « Zimmer Medizin System » [5]

En France, depuis 2008, la société Cryoclinic Systems développe un nouveau type de caisson hypothermique. Le gaz utilisé pour refroidir le caisson est l'azote liquide. L'utilisation de ce gaz se révélerait moins coûteuse et plus efficace dans le refroidissement que les compresseurs [4]. (cf. Chapitre I-/A-Cryothérapie corps entier / 9 Aspects économiques.)



Fig.5 : Photo illustrant le caisson hypothermique Cryoclinic Systems [6]

Les caissons à refroidissement par azote liquide de la société française Criotec sont importés de Pologne. L'azote liquide se trouve dans un réservoir cryogénique sous pression externe. Grâce à un générateur à basse température, l'azote liquide est évaporé et refroidit le caisson.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Contrairement à la marque « Cryoclinic Systems », les caissons de « Criotec » et certains caissons de « Zimmer » ne comportent que deux sas. Le premier sas est à -60°C et le second à -110°C . [2]



Fig.6 : Photo illustrant le caisson hypothermique Criotec [2]

Grâce à l'azote liquide, le refroidissement du caisson ne nécessite pas de ventilation. L'azote liquide présente aussi l'avantage de ne pas être inflammable, ni toxique, d'être inodore. Les coûts d'entretien et d'utilisation sont faibles. [4], [2]

Comme les machines allemandes, l'utilisation des machines françaises suivent le même principe. [8]

La durée de vie d'un caisson hypothermique est de 15 ans environ. [7]

3- Les domaines d'applications

3.1 Rhumatologie

La cryothérapie corps entier fut utilisée en premier lieu, pour le traitement des pathologies rhumatismales, comme l'arthrite rhumatoïde ou la spondylarthrite ankylosante. [9]

En Allemagne, les patients souffrant de pathologies rhumatismales peuvent faire des cures thermales où la cryothérapie corps entier fait partie des soins. Le but recherché dans ces cures est de diminuer les douleurs et améliorer la mobilité articulaire [8].

Cholewka et al [10] ont étudié l'impact de la CCE sur la spondylarthrite ankylosante. Après cinq séances, le phénomène inflammatoire diminue légèrement au niveau des étages vertébraux inflammés. Les patients décrivent une diminution de la douleur et une amélioration de la qualité de vie. La CCE peut également être un outil qui aide au diagnostic et au contrôle du traitement de la spondylarthrite ankylosante. La réalisation d'un thermogramme après une séance de cryothérapie corps entier permet de localiser la zone inflammatoire. Il est important de noter que selon l'auteur, un plus grand nombre de patients à étudier est nécessaire pour objectiver les résultats.

Wichmann et Fricke [11] ont comparé deux traitements sur des patients atteints de spondylarthrite ankylosante. Dans un premier groupe, les patients recevaient un traitement de physiothérapie et de la cryothérapie corps entier et l'autre groupe suivait un traitement comprenant de la physiothérapie et de la thermothérapie. Après 28 jours de traitement, les patients du premier groupe ressentent une amélioration fonctionnelle significative au niveau de l'ensemble de la colonne vertébrale. Ils expriment une sensation de bien-être après le traitement. Après la CCE, les mouvements de la colonne cervicale sont plus fonctionnels. Les auteurs concluaient, que la cryothérapie corps entier avait un rôle important à jouer dans la prise en charge de la spondylarthrite ankylosante. Dans cet article, seuls les résultats sont à notre disposition, les critères et les modalités d'application de l'expérimentation faisaient défaut.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Selon une étude de Kargus et al [12] sur la spondylarthrite ankylosante et la polyarthrite rhumatoïde, la CCE permet une diminution de la douleur.

Chez les patients atteints de spondylarthrite ankylosante, après la CCE, la prise d'antalgique est réduite de l'ordre de 30% par rapport au groupe témoin. Cependant les paramètres inflammatoires ne sont pas modifiés significativement. [12]

La CCE n'a pas d'impact significatif sur le déverrouillage matinal chez les patients atteints d'arthrite rhumatoïde. Lorsque la pathologie devient chronique, le passage dans le caisson hypothermique apporte peu de bénéfices. Cependant, pour les patients en phase aiguë, le taux de protéine-C réactive diminue. La CCE est efficace dans les phases aiguës de l'arthrite rhumatoïde. [12]

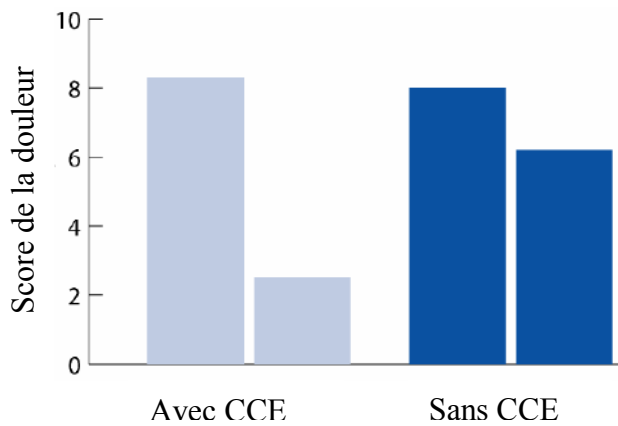


Fig.7 : Schéma (traduit) de l'évolution de la douleur chez les patients atteints d'arthrite rhumatoïde avec ou sans traitement par cryothérapie corps entier. [12]

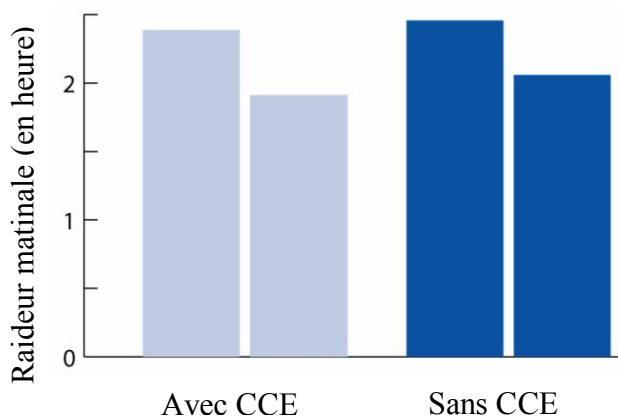


Fig.8 : Schéma (traduit) de l'évolution de la raideur matinale chez les patients atteints d'arthrite rhumatoïde avec ou sans traitement par cryothérapie corps entier. [12]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Malgré les effets contradictoires décrits par Kargus et al [12], l'auteur conseille l'utilisation de la CCE dans le traitement de l'arthrite rhumatoïde et de la spondylarthrite ankylosante.

Straub et al [13] ont étudié l'effet d'un stress au froid chez des patients atteints d'arthrite rhumatoïde. Deux groupes d'étude ont été formés. Un groupe a reçu un traitement avec des glucocorticoïdes alors que l'autre n'en a pas eu. Après sept jours de traitement par cryothérapie corps entier, aucune modification hormonale n'est observée dans chaque groupe.

Le passage en caisson provoque un stress lié au froid. Chez les patients atteints d'arthrite rhumatoïde, l'axe hypothalamo-hypophysaire répond anormalement à un stress au froid. Ce désordre peut conduire à des effets secondaires indésirables pro-inflammatoires (augmentation interleukine-6). Cette étude montre également un effet iatrogène sur le système nerveux sympathique. [13]

L'étude de Straub et al [13] ne montre pas d'intérêt de la CCE sur les patients atteints d'arthrite rhumatoïde. Tout au plus, la CCE permettrait de mettre en évidence les déséquilibres liés à cette maladie. Selon l'auteur, des études doivent être encore réalisées sur le sujet pour adapter la technique.

Les études réalisées [10], [11], [12], [13] dans le domaine de la rhumatologie mettent en évidence des effets bénéfiques de la cryothérapie corps entier mais des effets indésirables ont aussi été observés. L'étude de cette technique doit être approfondie pour une utilisation adaptée à chaque pathologie, sans risque pour le patient.

3.2 Traumatologie

Barbiche met en évidence que la CCE n'agit pas sur les douleurs mécaniques mais sur les douleurs inflammatoires. [3]

La cryothérapie corps entier est indiquée dans le traitement après différentes chirurgies orthopédiques. [14]

Il n'y a pas d'étude réalisée dans le domaine de la traumatologie hormis chez les sportifs.

3.3 Kinésithérapie du sport

Chez le sportif, on décrit deux types de traumatismes. Les traumatismes aigus liés à un mécanisme de haute énergie en un court laps de temps et les lésions dite « de surcharges » ou chroniques, qui sont liées à une charge de faible intensité mais pendant une longue période. Ces derniers se traduisent par un phénomène inflammatoire et des douleurs. [15]

La cryothérapie corps entier voit toute son importance dans le domaine sportif. Elle a un rôle sur le traitement des lésions chroniques ; tel que les enthésopathies, les périostites tibiales, par ces effets antalgiques et anti-inflammatoires. La lutte contre la douleur et l'inflammation lors de traumatismes aigus seront également citées par la littérature. La mise en place du traitement fonctionnel peut se faire plus précocement après un passage en caisson hypothermique. [15]

Banfi [16] a étudié les marqueurs immunologiques et biochimiques avant et après une semaine de traitement par CCE, chez 10 joueurs de rugby de l'équipe nationale Italienne. 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 l'étude de Banfi [16], l'hémolyse est diminuée après le traitement en caisson hypothermique. La CCE est donc un outil de prévention dans le milieu sportif.

La CCE est utilisée dans le cadre de la reprise d'entraînement ou en tant que traitement préventif avant l'entraînement. [17], [20]

L'exercice physique entraîne des microlésions musculaires. L'activité des enzymes lysosomales, présents dans les muscles, est augmentée après l'exercice physique. Wozniak a étudiée l'évolution des enzymes lysosomales après des séances de cryothérapie corps entier 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). [17]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Dans une autre étude, Banfi [18] cherche à démontrer l'effet favorable de la CCE sur le métabolisme musculo-squelettique, sur la guérison des traumatismes musculaires liées aux efforts physiques et sur les fonctions immunologiques. Lors de cette étude, l'auteur a étudié différents paramètres chez 10 joueurs de l'équipe nationale italienne de rugby. Les résultats montrent une légère augmentation d'immunoglobuline (Ig) et une faible diminution du taux de CRP (C-reactive protein). Ces variations ne sont pas significatives. Les quantités de lymphocytes et de monocytes sont inchangées après la CCE.

Si les résultats des analyses sanguines n'indiquent pas de variations significatives, les analyses des paramètres inflammatoires sont différentes. En effet, les taux d'interleukine 2 (IL-2) et d'interleukine 8 (IL-8) diminuent. Le taux d'interleukine 10 (IL-10) augmente considérablement. Les quantités de sICAM-1 (soluble InterCellular Adhesion Molecule-1) diminuent de manière très significative. Les concentrations en prostaglandines 2 (PGE2) et en créatine kinase diminuent significativement. Malgré des résultats positifs sur l'efficacité de la CCE sur la récupération musculaire, l'absence de groupe témoin dans cette étude ne permet pas de valider l'efficacité de la technique. [18]

La dégradation de la membrane cellulaire et l'augmentation de la perméabilité cellulaire, liées à une exposition à un froid intense, permettent les réparations des fibres musculaires lésées lors des exercices physiques. La cryothérapie corps entier est bénéfique pour une guérison rapide des traumatismes musculaires chez les sportifs. [18]

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 antioxydants et est un bon indicateur de l'état des tissus. Pour éviter le syndrome de surentrainement, 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. [19]

De part ces effets antalgiques, anti inflammatoires et anti œdémateux, la cryothérapie corps entier favorise la rééducation, la reprise sportive, et diminue les effets liés aux entraînements intenses. [14], [20]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Selon Banfi [16], [18] les analyses biochimiques et hématologiques permettent de considérer que la CCE n'est pas un traitement dopant. Les résultats sont en dessous des seuils imposés par les fédérations sportives et les agences de contrôle officielles.

Selon Zimmer [14], après cinq années d'utilisation, la CCE est efficace dans le traitement des traumatismes aigus du sportif tel que les contusions musculaires, les hématomes intra articulaires, les entorses...et des traumatismes chroniques (tendinopathies, affections de la coiffe des rotateurs, périostites tibiales...). La régénération biologique est aussi améliorée par la cryothérapie corps entier.

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 4x400m l'a utilisé dans cette optique pour la préparation des championnats du monde indoor en 2010.

Les effets de la CCE sur la récupération et sur la performance du sportif sont peu étudiés. [20] Une étude est en cours à l'Institut National des Sports et de l'Éducation Physique.

3.4 Neurologie

Le système nerveux central, soumis à un froid intense, subit des modifications, en particulier au niveau des neurotransmetteurs. Les systèmes noradrénergique et sérotoninergique sont perturbés. [21]

Dans certaines cliniques allemandes ou autrichiennes, la CCE est utilisée pour réduire temporairement la spasticité. [14], [22]. L'exposition au froid diminue la sensibilité des fuseaux neuromusculaires. [23]

Au niveau neurologique, 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. [24].

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Dans les neuropathies de pression, la cryothérapie corps entier est efficace au stade initial. Les tensions inter tissulaires sont moins importantes après une exposition à un froid intense. [14]

En Allemagne, comme pour les pathologies rhumatismales, la CCE est préconisée pour les patients atteints de pathologies neurologiques, comme la sclérose en plaques. [8]

Dans la sclérose en plaques, le stress oxydatif est le marqueur des troubles dégénératifs. Le système enzymatique antioxydant est faible chez les patients atteints de la sclérose en plaques. D'après l'étude de Miller [24], l'association de la cryothérapie corps entier et de la kinésithérapie permet d'augmenter les valeurs du statut anti-oxydatif. La sécurité et les effets secondaires minimes que procure cette technique, favorisent son utilisation dans le cadre de la sclérose en plaques. [24]

3.5 Autres

Rymaszewska [25] a étudié les effets de la CCE en tant qu'adjuvant dans le traitement de la dépression et des troubles d'anxiété. L'auteur a 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, on observe 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.

	Semaines de traitement	Groupe étudié (moyenne Δ)	Groupe contrôle (moyenne Δ)	p-value pour la comparaison
Échelle d'Hamilton sur l'anxiété	1	-3,12	-0,58	< 0,001
	2	-5,00	-0,39	<0,001
	3	-2,77	-0,83	<0,05
Échelle d'Hamilton sur la dépression	1	-2,42	+0,96	<0,001
	2	-6,58	-0,01	<0,001
	3	-2,00	-0,22	<0,001

Fig.9 : Tableau (traduit) de l'évolution des scores des échelles d'anxiété et de dépression dans le groupe étudié et le groupe contrôle. [25]

Selon cette étude [25], la cryothérapie corps entier peut avoir un rôle positif dans le traitement des patients anxieux et déprimés car la CCE active l'axe hypothalamo-hypophysaire et le système opioïde endogène. La dépression serait due à un dérèglement de l'axe hypothalamo-hypophysaire.

Dans une autre étude, Rymaszewska [21] étudie 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.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

La cryothérapie corps entier a une influence très positive sur les troubles du sommeil. Ces troubles sont dus à un dysfonctionnement des mécanismes biochimiques et neurologiques dont le centre est l'hypothalamus et la formation réticulée. D'après Rymaszewska, la cryothérapie corps entier est bénéfique pour lutter contre les perturbations de l'hypothalamus et de la formation réticulée. [21]

Au niveau dermatologique, Klimenko et al ont travaillé sur les effets de la CCE sur la dermatite atopique. La dermatite atopique est une inflammation chronique de la peau accompagnée de démangeaisons et d'eczéma. C'est une maladie difficile à traiter. Le passage en caisson hypothermique augmente la capacité anti oxydative du corps, diminue la vitesse de la conduction nerveuse périphérique ainsi que la capacité de synthèse de l'acétylcholine. [26]

Klimenko et al [26] ont étudié l'évolution de la dermatite atopique pendant trois semaines de cryothérapie corps entier. La durée de l'étude était de 12 semaines. Pour mesurer les effets, l'auteur a utilisé les échelles « Score of Atopic Dermatitis index (SCORAD) », « Transepidermal water loss (TEWL) », « visual analog scale (VAS) » et « Dermatology Life Quality Index (DLQI) ». Le VAS est utilisé pour évaluer les troubles du sommeil et les démangeaisons. Les résultats de l'étude montrent une diminution du score SCORAD de 38,7 à 31,1, du TEWL de 58,8 g/m/h à 47,4 g/m/h, du VAS pour le sommeil de 32 à 20 et du VAS pour les démangeaisons de 46 à 31 et du DLQI de 5,27 à 5,00. Neuf semaines après la fin de la cryothérapie corps entier, le SCORAD continue de diminuer.

D'après cette étude [26], la cryothérapie corps entier a un effet positif sur la dermatite atopique et apparaît comme une nouvelle option parmi les traitements déjà disponibles pour traiter cette maladie.

Guthenbrunner [27] a étudié les effets de la CCE chez les patients fibromyalgiques. La fibromyalgie est caractérisée par des douleurs diffuses affectant les muscles et le système capsulo-ligamentaire. Des troubles du sommeil sont également décrits. Les patients atteints de fibromyalgie ne supportent pas l'exposition au froid. Pour son étude, l'auteur a utilisé un caisson dont la température est de -67°C. Les résultats montrent un changement notable sur les douleurs provoquées par le froid et sur le test algique de résistance à la pression, lors de la sortie du caisson. Ces effets diminuent pendant la phase de repos, qui suit le passage dans le caisson. Cette étude [27] montre que le patient fibromyalgique bénéficie également de l'effet antalgique du caisson.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Kargus et al [12] ont aussi étudié l'effet de la cryothérapie corps entier sur des patients fibromyalgiques. Lors de son étude, quelques patientes ont dû stopper l'étude car les douleurs après la CCE étaient trop importantes. Pour les patients ayant répondu positivement à la CCE, la douleur au niveau des points de pression est moins élevée. La prise de médicaments antalgiques est également réduite de 30% par rapport au groupe témoin qui n'a pas de cryothérapie corps entier. Au final, 25% des patients souffrant de fibromyalgie et traités par CCE, ont ressenti un bénéfice de cette technique.

4- Les effets de la CCE

La convection, la conduction, l'évaporation et le rayonnement sont des mécanismes permettant les échanges thermiques. [28]

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. [28]

La conduction est un transfert calorique, par contact direct, entre 2 corps. Ce phénomène s'observe lors d'utilisation de « cold pack » par exemple. [1]

L'évaporation est un mécanisme qui permet l'évacuation de la chaleur à la surface de la peau. Elle est une protection contre l'excès de chaleur mais elle est aussi fonction du taux d'humidité dans l'air et de la vitesse de l'air. [28]

Le rayonnement est la perte de chaleur sous forme d'ondes infrarouges. Le corps en dégage mais peut aussi en recevoir. [29]

4.1 Choc thermique

Le choc thermique correspond à un abaissement de la température en un minimum de temps. [30]

Pour que la cryothérapie soit efficace, le choc thermique est indispensable. La température cutanée doit passer de 32°C à 12°C minimum et ne pas passer sous les 7°C. Si la température cutanée descend à une température plus basse, des lésions nerveuses peuvent apparaître. [31]

Lors du choc thermique, les récepteurs cutanés répercutent une agression (diminution de la température), et envoient rapidement l'information à l'hypothalamus. Ce dernier va transmettre 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. [32]

4.2 Antalgique

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. [15]

En 1965, Melzack et Wall introduisent la « théorie de la porte médullaire sélective » ou théorie du portillon. Une interaction constante et dynamique se produit entre les fibres de gros calibre (A α et A β) et celle de petit calibre (A δ et C). [1]

Cette théorie dit qu'il existe un « portillon de la douleur dans la corne dorsale, à l'endroit où les influx nerveux provenant des petites neurofibres de la douleur (A δ et C) et des grosses neurofibres du toucher (A β) entrent dans la moelle épinière ». Des interneurons inhibiteurs, sécrétant des enképhalines, se trouvent aussi dans la corne dorsale. [29]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Lorsque les influx des neurofibres de la douleur sont plus nombreux que les neurofibres du toucher, les interneurons inhibiteurs sont eux même inhibés. Le portillon s'ouvre pour laisser passer les influx douloureux. Ces influx sont transportés vers les aires somesthésiques. L'analgésie se produit dans les neurofibres descendantes qui font synapse avec les interneurons inhibiteurs. Une libération d'enképhaline se produit et inhibe les neurofibres nociceptives afférentes. La libération de la substance P est alors empêchée. [29]

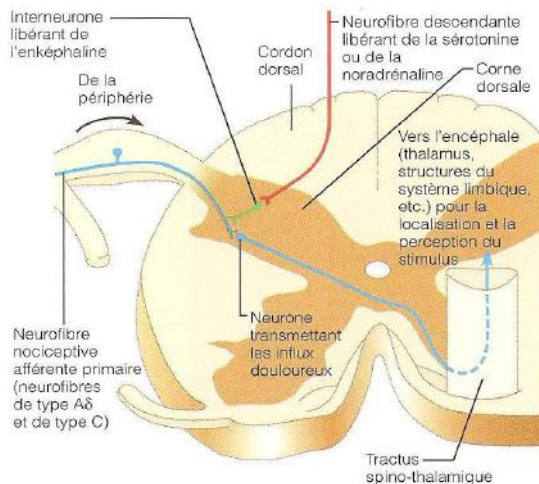


Fig.10 : Illustration de la théorie de la « porte médullaire sélective » selon Melzack et Wall [29]

Le choc thermique provoque un ralentissement de la conduction nerveuse des fibres C et A δ de la voie de la sensibilité thermo-algique périphérique. 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. La diminution des messages nociceptifs s'explique aussi par la diminution des médiateurs de l'inflammation. [3]

4.3 Anti- inflammatoire

L'inflammation se caractérise par la douleur, la tuméfaction, la rougeur et la chaleur (classiquement : dolor, tumor, color and calor). De nombreux médiateurs interviennent dans ce processus.

Lors de la réaction inflammatoire, une vasodilatation des artéioles, proche du foyer lésionnel, entraîne une hyperémie responsable de la rougeur et de la chaleur. Les médiateurs chimiques vont alors augmenter la perméabilité des capillaires. L'exsudat ira vers l'espace interstitiel et sera la cause de la tuméfaction. Cette dernière va alors comprimer les terminaisons nerveuses, ce qui se traduira par de la douleur. Les effets sensibilisants des prostaglandines et de la bradykinine sont également responsables de la douleur. [29]

La CCE va agir sur les signes de l'inflammation. Lors de l'exposition au froid, l'organisme répond par une vasoconstriction au niveau des vaisseaux sanguins. La chute du débit sanguin réduit le phénomène œdémateux.

La déperdition calorifique, due à l'exposition au froid, entraîne une diminution du métabolisme cellulaire. La sécrétion des médiateurs de l'inflammation est alors inhibée. [3]

L'exposition au froid entraîne une augmentation des cytokines anti-inflammatoires dans les vaisseaux sanguins périphériques. [18]

Selon Lubkowska [33], les concentrations en lactate, en histamine et en bradykinine diminuent fortement lors d'une exposition à un froid intense alors que la concentration en angiotensine augmente.

D'après l'étude de Banfi et al [18], la réponse anti-inflammatoire, liée au passage dans le caisson hypothermique, est justifiée par l'augmentation du taux de cytokine IL-10, la diminution des cytokines pro-inflammatoires IL-2 et IL-8. La diminution des prostaglandines 2 (PGE2) montre que l'inflammation est moins importante après la CCE.

L'abaissement de la température agit 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. [34]

4.4 Musculaires

Selon Barbiche [3], le refroidissement cutané serait un atout pour les performances musculaires, pour des exercices d'endurance de 30 à 40 minutes, à condition de prendre en compte la température extérieure et le degré d'humidité.

Concernant les exercices de puissance maximale, des études [35], [36] ont été réalisées par la technique de nage en eau froide. A ce jour, aucun bénéfice ne peut être mis en évidence car les résultats de ces études sont contradictoires.

Fricke [37] a mené une expérimentation où il enregistre la puissance maximale, après une séance de 2 minutes en chambre de cryothérapie à -110°C. Des sprints de 5, 10 et 15m sont réalisés après la sortie de la chambre de cryothérapie. Une amélioration de la performance est observée.

Lors d'une autre étude [38], Fricke observe qu'après 5 minutes de pause, la force musculaire est considérablement augmentée. Si les résultats de l'étude sont à notre disposition, les critères et les modalités d'applications de l'expérimentation sont indisponibles.

Dans une étude de Westerlund [22], les activités électromyographiques d'un muscle agoniste (le muscle gastrocnémien médial) et d'un muscle antagoniste (le muscle tibial antérieur) sont analysées, après un exercice de « *drop-jump* » (pliométrie). Il en ressort que l'activité électromyographique du muscle agoniste augmente plus que celle du muscle antagoniste. Ce résultat montre une adaptation neuromusculaire après des séances répétées de cryothérapie corps entier (3 séances par semaine pendant 3 mois).

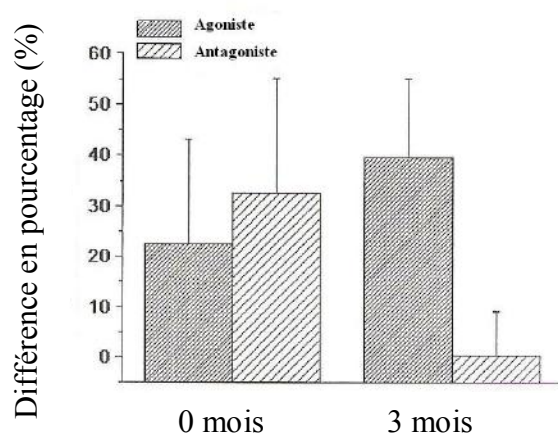


Fig.11 : Schéma (traduit) des activités électromyographiques des muscles agoniste et antagoniste après 3 mois de CCE après un « *drop-jump* ». [22]

Dans la même étude [22], l'auteur a évalué la force maximale développée par le poignet après la cryothérapie corps entier. La modification de la force maximale des muscles du poignet n'est pas significative. Cependant, 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.

4.5 Thermique

La régulation de la température se fait au niveau de l'hypothalamus. Les récepteurs thermiques se situent au niveau de la surface cutanée et de l'hypothalamus. Les récepteurs au froid se localisent plus à la surface de la peau alors que les récepteurs au chaud se trouvent plutôt en profondeur. [9]

La température centrale de l'homme se situe vers 37°C. Elle reste à peu près constante. La température cutanée oscille entre 30 et 33°C. L'adaptation du corps au froid se fait beaucoup plus lentement qu'à la chaleur. [28]

Selon une étude du CERS de Cap Breton [39], chez le sportif, après 4 minutes d'exposition dans la chambre de cryothérapie, on observe une diminution de la température centrale. En moyenne, la chute est de 0,31°C à la sortie du caisson. La température passe de 36,78°C à 36,47°C. Cinq minutes après la sortie, la température passe à 36,15°C, soit une baisse de 0,63°C. Ensuite la température centrale remonte progressivement. La différence de température n'est plus significative après vingt minutes.

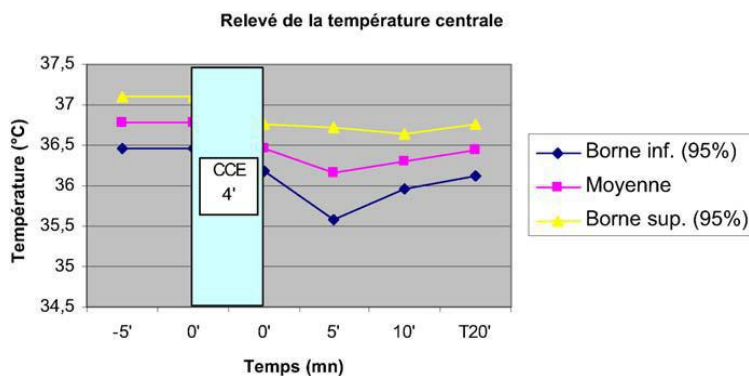


Fig.12 : Évolution de la température centrale après la CCE. [39]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Lors de la séance en caisson hypothermique, une chute de la température cutanée est enregistrée sur la totalité de la surface cutanée. Elle reste cependant plus marquée au niveau des extrémités par rapport au tronc. Une vasoconstriction importante expliquerait ce phénomène. [39]

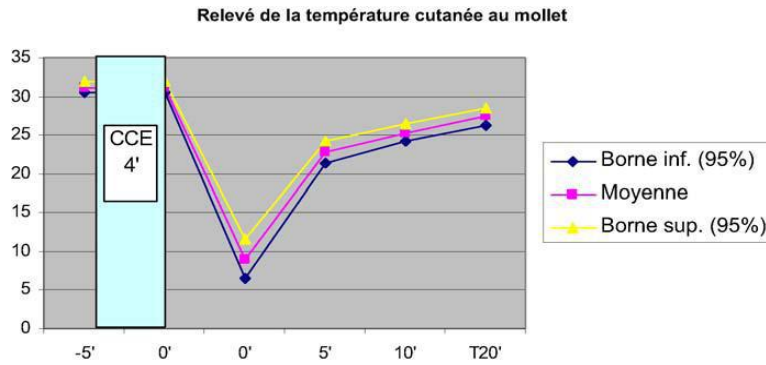


Fig.13 : Évolution de la température cutanée après la CCE. [39]

L'étude de Westerlund [23], montre que la température rectale n'est que légèrement modifiée à la sortie du caisson hypothermique alors que la température cutanée diminue rapidement. Les températures les plus basses sont observées au niveau des mollets ; comme dans l'étude du CERS ; et au niveau des avant-bras alors que les températures les plus élevées se situent au niveau du front. A la sortie du caisson, la température cutanée, augmente rapidement pendant quelques minutes puis ralentit.

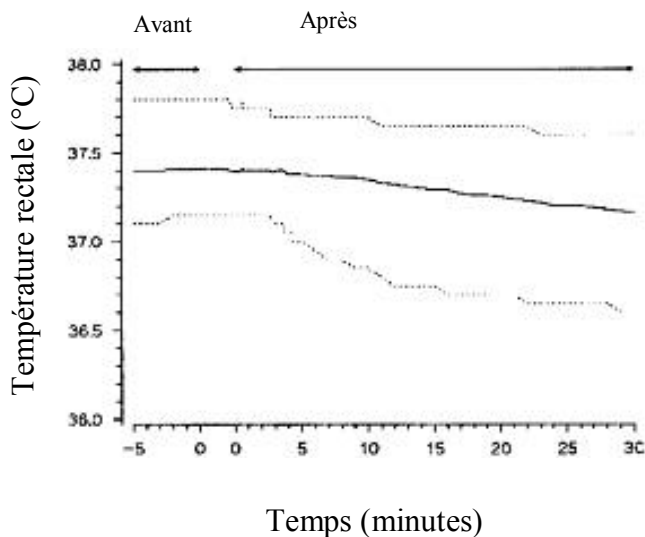


Fig.14 : Schéma (traduit) de la température rectale au cours du temps avant et après la CCE. [23]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Les différences entre l'étude de Savalli [39] et de Westerlund [23] dépendraient de l'âge des patients pris en charge, le temps d'application et l'activité du patient. L'âge moyen des patients de Savalli est de 29 ans à ± 10 ans alors que l'âge moyen de ceux de Westerlund est de 48 ans à ± 9 ans. Les patients pris en charge dans l'étude de Savalli sont tous des sportifs compétiteurs ou professionnels, contrairement aux patients de l'étude de Westerlund qui sont des sédentaires. Les patients de l'étude de Savalli restent quatre minutes dans le caisson hypothermique alors que ceux de l'étude de Westerlund sont exposés au froid, pendant deux minutes.

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. [23]

Pour que la peau soit localement anesthésiée, la température cutanée doit atteindre au minimum 13,6°C. Ceci est possible grâce à une réduction de la vitesse de conduction nerveuse. [23]

Lorsque la température cutanée est inférieure à 20°C, la production en acétylcholine diminue ainsi que la vitesse de conduction en fonction du refroidissement des fibres nerveuses. [23]

L'étude de Smolander et al [40], sur les sensations et le confort après la cryothérapie corps entier chez les femmes, montre que 65,4% des patientes étudiées ressentent un léger refroidissement, 16,2% avaient froid à la sortie du caisson hypothermique. Sur les vingt patientes étudiées, seulement trois patientes expriment une sensation de très grand froid. Au niveau du confort, cette sensation est décrite comme de plus en plus agréable au cours de l'expérience qui dure trois mois. Cette étude met en évidence l'adaptation du corps à un froid intense de courte durée.

4.6 Cardio vasculaire

Lors d'une exposition à un froid intense, le système sympathique et parasympathique est stimulé entraînant une tachycardie, une vasoconstriction périphérique et une augmentation de la tension artérielle. [41], [42]

La fréquence cardiaque est un indicateur indirect de l'activité du système nerveux autonome. [9]

Westerlund [9] cite une étude de Taghawinejad dans laquelle, on observe que la fréquence cardiaque, lors de la séance de cryothérapie corps entier, augmente. Plus les patients sont âgés, plus la fréquence cardiaque augmente. Tout de suite après la séance, l'auteur observe une augmentation de la pression artérielle systolique, comparée aux valeurs de début de séance. La pression artérielle diastolique n'est, quant à elle, pas modifiée.

Une étude de Leblanc, citée par Barbiche [3], évalue l'évolution de la fréquence cardiaque lors d'une exposition à un froid aigu. Il a comparé les réactions des hommes occidentaux à celles des esquimaux. Il en ressort que la fréquence cardiaque des hommes occidentaux est plus élevée que celle des esquimaux. Selon lui, cette étude montre une adaptation de l'organisme au froid. Cependant, cette étude ne tient pas compte de l'évolution de la fréquence cardiaque après l'exposition.

Selon Marsh [36], lorsque que l'individu est soumis à un effort après un refroidissement, dans un premier temps, la fréquence cardiaque est plus élevée puis après 5 minutes, la fréquence cardiaque est significativement moins élevée que celle d'un individu non refroidi. Dans cette étude, Marsh immerge les individus dans une eau à 12°C.

Marsh [36] avance une explication physiologique face cette baisse de la fréquence cardiaque à l'effort. L'exposition au froid entraîne une redistribution de la circulation sanguine. Le volume d'éjection systolique augmente, donc le flux sanguin musculaire augmente également. Cela permet une meilleure élimination des déchets car les muscles sont plus oxygénés. Le cœur n'a alors pas besoin d'augmenter son activité.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Barbiche [3] rappelle qu'en 2004, Joch a repris l'étude de Marsh en utilisant, cette fois ci, la cryothérapie corps entier. Les résultats montrent que la fréquence cardiaque des patients, après passage dans le caisson hypothermique, est inférieure à celle du groupe témoin (patients qui ne sont pas passés en caisson hypothermique).

Ces études permettent de voir que la fréquence cardiaque est élevée lors de la séance. Lors d'un effort post-séance, elle est moins élevée, mais les recherches n'ont pas exploré si les effets sont maintenus dans le temps. La récupération musculaire semble être favorisée après la cryothérapie corps entier, grâce à la redistribution vasculaire que cette dernière entraîne.

Westerlund et al [42] ont étudié l'évolution de la fréquence cardiaque pendant les séances de cryothérapie corps entier. L'étude s'est faite sur une période de trois mois. L'auteur a mesuré la fréquence cardiaque avant et pendant la séance. Après les trois mois, la fréquence cardiaque pendant la séance passe, en moyenne, de 91 battements par minute à 83 battements par minute. La fréquence cardiaque avant la séance reste stable, 74 battements par minute au début de l'étude et 73 battements par minute après trois mois.

La cryothérapie corps entier augmente l'activité du système parasympathique car le visage est exposé à un froid intense. Dans le même temps, le système sympathique périphérique est stimulé. Les stimulations du système parasympathique et sympathique entraînent une vasoconstriction périphérique et une bradycardie via les baroréflexes. [42]

Dans une exposition au froid, on observe une vasoconstriction dans un premier temps puis une vasodilatation paradoxale. Si le temps d'application est suffisamment long, les phases de vasoconstriction/ vasodilatation s'alternent. C'est la « Hunting reaction ». [1]

Selon Westerlund, la cryothérapie corps entier a un effet positif sur la régulation du système parasympathique au niveau cardiaque car la CCE imite les effets d'un entraînement physique. [42]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Westerlund [9], [43] a étudié l'évolution de la tension artérielle avant et après la CCE. A -110°C , la pression artérielle systolique est plus élevée qu'à -10°C ou -60°C . La différence entre la pression artérielle systolique avant la CCE et après la CCE est de 24 mmHg. Concernant la pression artérielle diastolique, l'augmentation est de 10 mmHg. La prise de mesure se fait après le passage en caisson hypothermique. Les mesures ne peuvent pas être prises pendant l'exposition au froid intense. L'augmentation reste stable au cours des trois mois de l'étude mais elle est temporaire.

Les passages répétés dans le caisson hypothermique ne montrent pas d'adaptation de la tension artérielle. [9]

Selon une étude de Cholewka [44], l'augmentation de la fréquence cardiaque lors de la cryothérapie corps entier est bénéfique pour le cœur.

La CCE n'est pas délétère pour l'organisme. L'augmentation des marqueurs cardiaques NT-pro BNP lors de l'exposition est liée au stress induit par la cryothérapie corps entier. [45]

4.8 Hormonal

Smolander et al [46] ont étudié, pendant trois mois, l'évolution des concentrations des hormones de croissance (GH), de l'hormone thyrotropine (TSH), de la prolactine (PRL) et des hormones thyroïdiennes. Au cours des trois mois, les concentrations hormonales ne sont pas modifiées avant l'entrée dans le caisson hypothermique. Trente cinq minutes après le passage, les concentrations en hormone de croissance et en prolactine ne changent pas. Selon l'auteur, la noradrénaline est la seule hormone de stress qui est stimulée lors du passage dans le caisson hypothermique. L'étude montre que la répétition, des séances de CCE, ne modifie pas les taux de sécrétions hormonales. (GH, TSH, PRL).

L'exposition au froid active le système de régulation thermique du corps. Le métabolisme augmente. Chez des footballeurs professionnels, le passage en caisson hypothermique entraîne une diminution significative de la testostérone et de l'estradiol (puissant œstrogène). Le changement de la température cutanée modifie l'activité enzymatique responsable de la conversion de la testostérone en estradiol. [25]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Les mécanismes de thermorégulation sont coordonnés par la partie postérieure de l'hypothalamus et par l'axe hypothalamo-hypophysaire. Les hormones corticotropines et thyrotropines sont sécrétées à partir de l'hypothalamus. La sécrétion de la corticotropine augmente celle de l'hormone adénocorticotropine. [21]

D'après l'étude de Wozniak [17], les concentrations en cortisol ne sont pas modifiées significativement si l'entraînement est précédé d'un passage en caisson hypothermique.

Les modifications hormonales qui se produisent lors de la cryothérapie corps entier permettent de diminuer les œdèmes. [47]

4.9 Autres

Un effet anti-hémorragique peut être observé. Il s'explique par la vasoconstriction qui se produit lors de l'exposition au froid. La réduction du calibre des vaisseaux sanguins, lors de cette vasoconstriction, et l'augmentation de l'agrégation plaquettaire favorise l'hémostase. [3]

Au niveau de la fonction respiratoire, la stimulation du système nerveux sympathique entraîne une bronchodilatation. L'étude de Smolander [48], 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. Il explique 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 [48], la prise en charge de patient asthmatique doit se faire avec prudence.

Les expositions répétées, dans le caisson hypothermique, procurent une sensation de confort. [9], [49]

Selon Banfi et al [49], la cryothérapie corps entier n'entraîne pas de modification des valeurs hématologiques.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Selon Lubkowska [50], 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 anti oxydatif total diminuent. Malgré les variations, les valeurs restent dans les normes physiologiques.

Les études effectuées sur les paramètres immunologiques n'indiquent pas d'effets délétères pour une période d'étude de courte durée. [18]

5- Les indications

5.1 Médicales

5.1.1 Appareil locomoteur

Les indications à l'utilisation de la CCE sont :

- Polyarthrite rhumatoïde [4], [13]
- Spondylarthrite Ankylosante [4], [10], [11], [12]
- La plupart des arthropathies des membres et de la colonne vertébrale, notamment les douleurs induites par l'arthrose. [4]
- Les traumatismes musculaires. [4]
- Post chirurgie [51]

5.1.2 Autres

- Fibromyalgie [27]
- L'asthme bronchique. [48]
- Différentes dermatoses comme la névrodermite et le psoriasis. [4]
- Dermatite atopique [26]
- La dépression nerveuse et les troubles d'anxiétés [21], [25]
- Troubles du sommeil [21]
- Lutte contre la spasticité [23]
- Sclérose en plaque [8], [24]

En Allemagne, 6 mois après un infarctus, les patients peuvent utiliser la CCE. [9]

5.2 Sportives

- Post traumatismes (contractures...) [18], [51]
- Tendomyopathie [3]
- Récupération musculaire du sportif [51]
- Prévention des blessures [16], [17]

6- Les contre-indications

Les contre indications aux passages dans le caisson hypothermique sont : [3], [4], [51]

- Pathologies vasculaires
- Angor instable
- Anémie sévère
- Infection Cutanée
- Appareillage à pile (cardiaque)
- Allergie au froid – Raynaud
- Claustrophobie
- Grossesse
- Cryoglobulinémie
- Hypertension artérielle grave
- Drépanocytose
- Infarctus du myocarde de moins de six mois.
- Prise d'alcool ou de drogues.

7- La séance

7.1 Précautions d'utilisation

Avant la séance, le patient s'équipe d'un maillot de bain, d'un masque chirurgical, d'un bonnet, de gants, de chaussettes et des chaussures. [42]

Avant de rentrer dans le caisson hypothermique, le patient doit passer devant un médecin qui l'auscultera pour éliminer toutes contre-indications. L'examen médical est composé d'un interrogatoire médical et d'un examen clinique. Certaines institutions réalisent un électrocardiogramme avant la cryothérapie corps entier. (*Annexe* : Fiche de consentement INSEP, *Annexe* : Fiche médicale INSEP) [52]

Pendant la séance, le patient doit toujours garder ses membres inférieurs et ses mains en mouvement. [42]

Le passage dans le caisson est possible même avec des blessures cutanées, des cicatrices fraîches ou des plaies ouvertes mais il faudra qu'elles soient protégées par des pansements. Avant de rentrer dans le caisson, les bijoux sont retirés et la peau est sèche. Rien d'humide ne peut entrer dans le caisson. [1]

7.2 Description de la séance

Chez les patients souffrant d'affections rhumatologiques, le temps passé dans le caisson hypothermique varie entre 2 et 3 minutes. Pour les sportifs, le temps d'application doit être minimum de 3 minutes pour observer des effets optimaux mais ne doit pas dépasser les 4 minutes. [39]

Avant d'arriver dans le caisson à -110°C, le patient doit passer dans le sas d'acclimatation où la température est de -10°C. Le patient reste 1 minute dans ce sas puis passe dans le sas d'acclimatation à -60°C. Il reste également 1 minute dans ce sas. Ensuite, il arrive dans le dernier sas à -110°C. C'est à -110°C, que le patient restera le plus longtemps, entre 2 et 4 minutes en fonction de son âge, de sa pathologie et de sa résistance au froid. [8]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Une fois entré, le patient respire lentement par la bouche et ne fait pas de mouvements brusques. Un risque de gelure est possible si un courant d'air se forme par des mouvements trop rapides du patient. [1]

Le patient doit repasser par les sas à -60°C et à -10°C avant de ressortir. [4]

Pour bénéficier des effets du froid sur l'organisme, la prise en charge du patient doit se faire le plus rapidement possible à la sortie du caisson hypothermique. [23]

A la sortie du caisson, le patient fait des étirements ou du vélo [8].

La température du local où se situe le caisson doit être à température ambiante. [1]

7.3 Fréquence

Le nombre de séances varie en fonction de la pathologie et des auteurs.

On peut avoir de deux séances par jour à une séance par semaine. [8]

Selon le protocole de l'INSEP à Paris, le patient aura une séance par jour pendant cinq jours pour la première semaine. La deuxième semaine, le patient passera à deux séances par jour. [52]

Le médecin prescrit le nombre de séance nécessaire en fonction de l'état et de la pathologie du patient. [53]

8- La réglementation

8.1 Agence Mondiale Anti dopage

Depuis 2004, l'Agence Mondiale Anti Dopage édite la liste des produits et procédés interdits. Le caisson hypothermique n'apparaît pas dans ces listes. Cette technique n'est pas considérée comme dopante. [54]

8.2 Normalisation CE

Pour avoir le marquage CE, un produit doit respecter des « exigences essentielles ». Dans ces exigences essentielles, on retrouve des exigences de santé, de sécurité, d'environnement et de protection du consommateur. Plusieurs étapes réglementées sont nécessaires pour valider le marquage CE. [55]

Des organismes européens de normalisation déterminent les normes répondant aux exigences communautaires. Après la parution dans le Journal Officiel CE (JOCE), chaque pays adapte les normes CE en fonction des normes nationales en vigueur. [55]

L'apposition de la norme CE assure une sécurité du produit et facilite les échanges commerciaux des produits en Europe. [55]

8.3 Exigences d'implantation

Le caisson hypothermique doit être installé dans une pièce réservée à son utilisation. L'accès à cette pièce sera destiné aux personnels responsables et aux patients. [2]

Aucune source d'humidité ne sera placée à proximité du caisson. Le chauffage de la pièce se fera par un chauffage au sol dont la température est contrôlée par un thermostat. [2]

Pour les caissons fonctionnant à l'azote liquide, un réservoir de 5 000 à 10 000 Litres doit être installé à l'extérieur. [56]

9- Aspects économiques

Les tarifs des caissons et des consommables ne sont pas disponibles sur les sites internet des sociétés et ne figurent pas dans les brochures. Les informations ont été obtenues par mail ou par téléphone auprès des représentants des sociétés concernées.

9.1 Du matériel

Un caisson hypothermique de la marque « Cryoclinic Systems » coûte environ 250 000 Euros hors taxes. [56]

Le prix, hors taxe, d'un caisson de la marque « Zimmer » varie entre 150 000 Euros, pour un caisson à 2 pièces sans récupération de chaleur, et 300 000 Euros, pour un caisson à 3 pièces toutes options avec récupération d'énergie. Le prix comprend l'installation en Europe. [7]

Les caissons de « Criotec » ont un tarif qui va de 99 000 Euros hors taxe, pour un caisson de 2-3 personnes à 149 000 Euros hors taxe pour un caisson de 4-5 personnes. Le prix est clé en main et installé en France.

9.2 De la séance

A l'Institut National des Sports et de l'Éducation Physique, à Paris, la séance est à 41 Euros et un abonnement pour 10 séances est disponible pour 306 Euros. [52]

A l'institut de cryothérapie corps entier Toulon Provence Méditerranée, la séance est à 40 Euros et pour 10 séances, le tarif est de 360 Euros. [47]

Selon le projet de Rozenblat, le montant de la première séance sera de 50 euros. Dans ce tarif, le kit de protection des extrémités est compris. Pour les séances suivantes, un forfait à 300 Euros sera établi pour les 10 séances suivantes. [53]

9.3 Des consommables

A l'institut de cryothérapie corps entier Toulon Provence Méditerranée, les chaussures et le masque chirurgical sont fournis par le centre. Le reste de l'équipement est à apporter par le patient ou en vente dans le centre. [47]

La consommation électrique d'un caisson hypothermique, fonctionnant par compresseur, est de 50 000 kW par an. [7]

Pour les caissons à l'azote liquide, le tarif est environ de 0,17 Euros Hors Taxes le litre. Il faut également prendre en compte la location du réservoir de l'azote liquide qui est de 250 Euros par mois. [56]

9.4 De la maintenance

Le prix de la maintenance chez Zimmer est de 5 000 Euros. Elle est effectuée une fois par an par des techniciens spécialisés. [7]

Chez Cryoclinic System, la maintenance du réservoir est comprise dans le tarif de location. Les sondes thermiques doivent être recalibrées tous les ans. Le tarif est variable selon le déplacement du technicien. [56]

B- Les œdèmes

1- Le système veineux des membres inférieurs

1.1 Histologie

Le système veineux participe au retour sanguin avec la participation du système lymphatique. [57]

Le système veineux part des capillaires artério-veineux. Les veinules post-capillaires sont de petits tubes (tubules) de 10 à 30 μm de diamètre. [57]

L'intérieur de la veinule s'appelle la lumière. Dans la lumière, la membrane basale est recouverte de cellules endothéliales. L'ensemble est entouré par une couche périthéliale. [57]

Les veinules collectrices font suite aux veinules post-capillaires. Le diamètre des veinules collectrices est de 30 à 50 μm . La paroi de ces veinules collectrices est composée de cellules musculaires lisses. [57]

Les veines suivent les veinules collectrices. [57]

Au niveau des membres inférieurs, la membrane basale des capillaires est plus épaisse pour résister aux pressions plus élevées, par rapport au reste du corps. [57]

La paroi veineuse est composée de trois couches ou tuniques :

- *La tunique interne ou intima* : comprend l'endothélium vasculaire et une couche sous-endothéliale constituée de tissu conjonctif, de muco-glycoprotéines et de cellules d'origine indéterminée. [57]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

- *La tunique moyenne ou média* : est formée de fibres musculaires lisses et d'une trame élastique et conjonctive. Les fibres musculaires lisses sont de deux types : les cellules musculaires C et les cellules musculaires M. Les cellules musculaires C sont les plus abondantes et contiennent des protéines contractiles responsables de la vasoconstriction. Les cellules musculaires M sont des cellules de réserves dont les organites métaboliques sont prépondérants. Le type de veine et sa localisation va influencer la disposition et l'importance de sa musculature. Les veines superficielles de l'extrémité du membre inférieur ont une musculature plus développée que les veines profondes se situant à la racine du membre inférieur. [57]

- *La tunique externe ou adventice* : est composée d'un tissu conjonctif lâche entourant les vaisseaux nourriciers de la veine, les vaisseaux lymphatiques et les terminaisons nerveuses sympathiques.

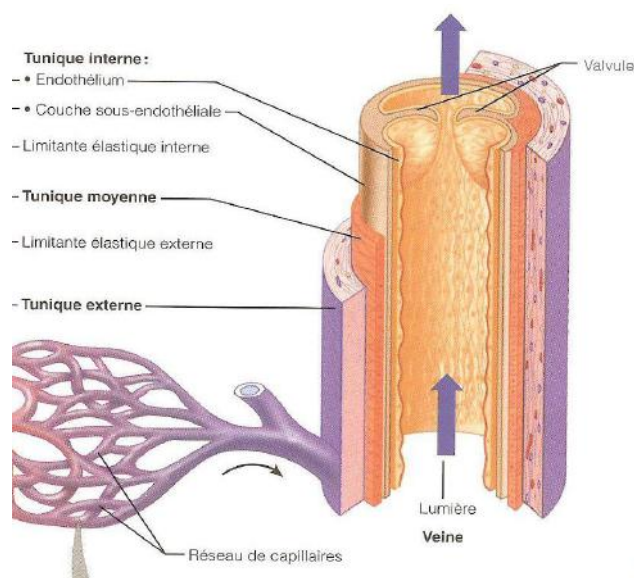


Fig.15 : Illustration de la structure de la veine. [29]

La vascularisation de la paroi veineuse est fonction de l'épaisseur des tuniques. La vascularisation peut être intrinsèque si la veine est petite. Si la veine est de grande taille, la vascularisation est intrinsèque et extrinsèque. La partie extrinsèque est vascularisée par les vaisseaux nourriciers. Ces derniers sont irrigués par les artères voisines. [57]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Les veines sont pourvues de valvules. Les valvules sont formées de deux replis endothéliaux concaves et d'une lame fibro-élastique pour assurer l'étanchéité. Au niveau de l'insertion de ces valvules la paroi veineuse est plus mince, ce qui la rend plus vulnérable aux changements de pression ou en cas d'altération de cette paroi. [57]

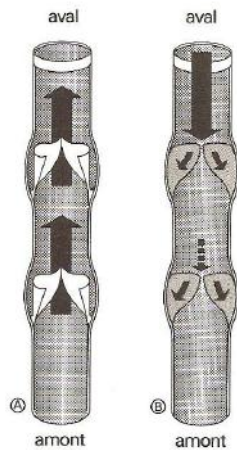


Fig.16 : Représentation schématique des valvules et de leur fonctionnement [57]

Lorsque le sang est chassé en direction du cœur, les valvules sont ouvertes et flottent dans la lumière de la veine. Les valvules se ferment lorsque la pression en aval est plus forte que la pression en amont. [57]

Au niveau des veines profondes de l'extrémité du membre inférieur, les valvules sont plus nombreuses qu'au niveau des veines superficielles de la racine du membre inférieur. [57]

Dans les veines de moins de 1 mm de diamètre, les valvules ont un rôle de protection pour les veinules et les capillaires, lors des brusques changements de pression. [57]

1.2 Anatomie

Le système veineux du membre inférieur se divise en un système profond et un système superficiel. Les veines profondes se situent à côté des artères. Les veines superficielles se trouvent dans le fascia superficiel et s'anastomosent avec les veines profondes. [58]

Le système veineux superficiel permet le drainage de la peau et du tissu sous cutané. Le système veineux profond est composé de deux veines qui entourent l'artère du même nom. [59]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Dans le plan superficiel, en partant de l'extrémité distale du membre, on retrouve l'arcade veineuse dorsale et l'arcade veineuse plantaire du pied qui draine le réseau plantaire et dorsal du pied. Ces arcades sont suivies par les veines dorsales médiale et latérale du pied qui donnent ensuite les veines saphènes. [59]

Les veines saphènes se distinguent en une petite veine saphène et une grande veine saphène [59] :

- *Grande veine saphène (saphène interne)* : elle provient de la veine dorsale médiale du pied. Elle passe devant la malléole interne puis remonte verticalement jusqu'à la face interne du genou. Elle continue son trajet vertical le long de la face antéro interne de la cuisse pour terminer sa course dans la veine fémorale.

- *Petite veine saphène (saphène externe)* : elle fait suite à la veine dorsale latérale du pied. Elle passe derrière la malléole externe et borde le bord latéral du tendon d'Achille. Elle remonte entre les muscles gastrocnémiens pour se jeter dans la veine poplitée.

La veine poplitée se situe dans le plan profond. Elle traverse la fosse poplitée et passe le hiatus du muscle grand adducteur. Elle devient la veine fémorale lorsqu'elle passe au dessus du genou. [58]

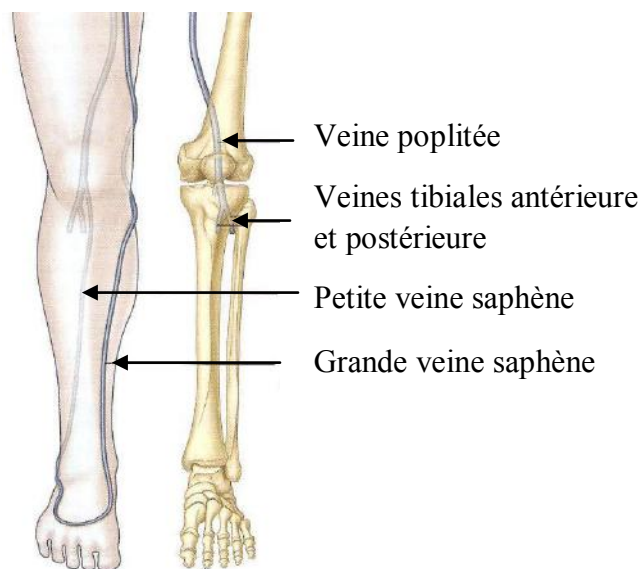


Fig.17 : Schéma des veines du pied et de la jambe. [58]

La veine fémorale est la veine profonde principale. Elle passe sous le ligament inguinal pour devenir ensuite, la veine iliaque externe. [58]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Les veines iliaques interne et externe se rejoignent pour former la veine iliaque commune. Les deux veines iliaques communes forment le tronc commun pour donner la veine cave inférieure. [59]

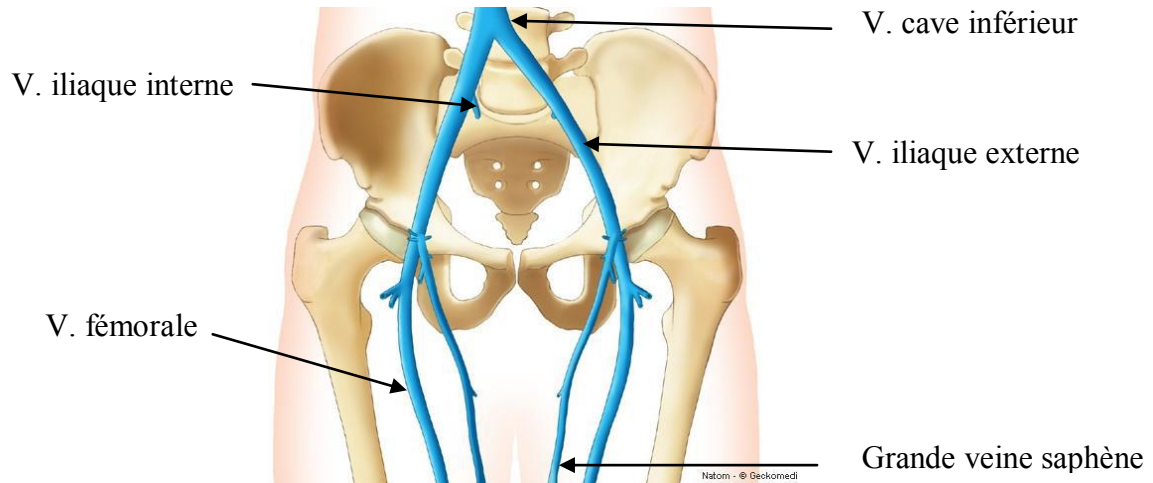


Fig.18 : Schéma des veines au niveau du bassin. [60]

Les veines profondes principales du membre inférieur sont la veine fémorale, la veine poplitée et le tronc tibio-fibulaire. [59]

1.3 Physiologie

Le système veineux ramène le sang vers le cœur. Le ventricule gauche est la force motrice indispensable à ce retour veineux mais d'autres facteurs interviennent également. Ils sont repris ci-après. [61]

L'architecture de la paroi est importante mais le retour veineux dépend aussi des éléments suivants :

- *Le tonus veineux* : sous le contrôle du système nerveux sympathique. La veinocstriction (contraction de la musculature pariétale) résulte de la stimulation des nerfs adrénergiques et de la libération de substances chimiques comme la noradrénaline. Une stimulation par le froid, entraîne l'activation du système nerveux sympathique donc la vasoconstriction. [57]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

- *La distensibilité pariétale* : aux extrémités des membres, les parois veineuses sont fines et contiennent peu de fibres musculaires lisses. Il faut donc une faible variation de pression pour distendre la paroi veineuse. [57]

- *Les valvules veineuses* : ont un rôle essentiel dans le retour veineux. Une augmentation brutale de la pression veineuse entraîne leur fermeture. [57]

- *La capacité veineuse* : la lumière veineuse varie en fonction de la taille du vaisseau veineux. La compliance veineuse est beaucoup plus grande que la compliance artérielle. Les veines sont donc des vaisseaux capacitifs. 64% du volume sanguin total se trouve dans le système veineux. [57]

- *La pompe musculaire et articulaire* : lors de l'activité physique, les muscles compriment les veines. Cette compression favorise le retour du sang veineux vers le cœur. Au niveau du membre inférieur, trois éléments sont à prendre en considération :

- *La semelle veineuse plantaire* : lors de chaque pas, les veines plantaires interne et externe sont écrasées. Le sang est chassé vers le réseau veineux profond et vers les veines saphènes. [57], [61]
- *La contraction musculaire du mollet* : la compression des veines musculaires et du réseau veineux profond se fait lors de chaque contraction musculaire des muscles du mollet. Cette compression favorise l'évacuation de la masse sanguine vers le cœur. La fermeture des valvules empêche le reflux lors du relâchement musculaire. [57], [61] Le triceps sural est indispensable pour la circulation de retour du membre inférieur. [62]
- *Le jeu articulaire* : le mouvement des articulations est lié au système musculaire. Chaque mouvement articulaire participe à l'évacuation du sang veineux vers le cœur. [57]

- *Les fascias* : leurs résistances aux pressions permettent d'augmenter l'efficacité de la pompe musculaire. [57]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

- *La respiration* : lors de l'inspiration, le diaphragme descend dans la cage thoracique. La pression intra thoracique diminue, alors que la pression intra abdominale augmente. La veine cave est comprimée, permettant au sang veineux d'aller vers le thorax. Les valvules veineuses, présentes dans les veines des membres inférieurs, évitent le reflux. [57], [61]

La régulation du système vasculaire dépend de la vasomotricité. Celle-ci est influencée par les échanges métaboliques et liquidiens au niveau de la microcirculation, par les facteurs nerveux et humoraux, responsable de l'homéostasie du système circulatoire. [63]

1.4 Innervation

Dans l'adventice se trouvent les terminaisons nerveuses sympathiques alpha-adrénergiques. Ces terminaisons nerveuses assurent la contraction musculaire de la média et la vasoconstriction veineuse. [57]

2- Le système lymphatique

2.1 Histologie

Le système lymphatique se divise en cinq parties [64], [65], [66] :

- *Le lymphatique initial* : c'est la plus petite structure du système lymphatique. Au niveau de la peau, on a les lymphatiques initiaux papillaires et les lymphatiques sous papillaires. Le milieu interstitiel est en contact avec le système lymphatique grâce aux jonctions des lymphatiques initiaux papillaires. Ils sont composés de cellules endothéliales permettant les communications entre elles.

- *Les précollecteurs* : structures suivant les lymphatiques initiaux. Ils sont mieux structurés. Ils se divisent en précollecteurs sous-aponévrotiques et sus-aponévrotiques.

- *Les collecteurs* : structures de grandes tailles composées de trois couches (intima, média, adventice). Le réseau est parallèle à la peau. Les collecteurs sont pourvus de valvules. On les retrouve vers les vaisseaux importants. Comme pour les précollecteurs, les collecteurs se divisent en collecteurs sus-aponévrotiques (superficiel) et en collecteurs sous-aponévrotiques (profond).

- *Les nœuds lymphatiques* : structures en forme de haricots. L'anastomose, avec les collecteurs périphériques, se fait sur la partie convexe du nœud. Ce sont les collecteurs afférents. Les collecteurs efférents sont ceux qui sortent du côté concave. Les principaux nœuds lymphatiques du membre inférieur se situent dans le creux poplité et dans le triangle de Scarpa.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

- *Les anastomoses* : elles permettent la communication entre les collecteurs et les lymphonœuds, ou entre le système veineux et le système lymphatique. Quatre types d'anastomoses sont observables :

- les communicantes (relient les vaisseaux d'un même plan)
- les perforantes (principalement au niveau du pied et du superficiel vers le profond, pourvu de valvules)
- les anastomoses lymphoveineuses (au niveau des veines jugulaires internes et sous-clavières)
- les veinolymphatiques (présentes que dans des cas pathologiques).

Les valvules lymphatiques sont orientées de manière à faciliter l'écoulement lymphatique et empêcher le reflux de la lymphe. [65]

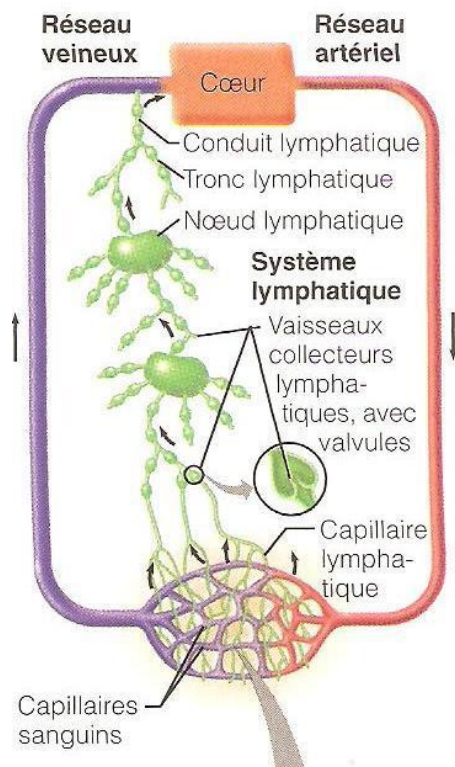


Fig.19 : Relation entre le système cardiovasculaire et le système lymphatique. [29]

Les lymphangions sont les espaces compris entre les valvules lymphatiques. Ils servent à faire avancer la lymphe. [66]

2.2 Anatomie

Au niveau du membre inférieur, le réseau lymphatique est plus important à l'extrémité qu'à la racine. Les collecteurs à la face dorsale du pied et derrière le tendon d'Achille sont semi circonflexes. On distingue les collecteurs satellites des vaisseaux principaux et les collecteurs des voies accessoires. [64]

Pour le plan superficiel, la semelle lymphatique permet de drainer le pied. Entre la semelle et les collecteurs de la grande saphène, les vaisseaux lymphatiques longent la face antérolatérale de la jambe. Ils croisent le tibia au niveau de son tiers supérieur pour s'anastomoser avec les collecteurs de la grande saphène. Les collecteurs passent en arrière du condyle médial. Ils dévient pour remonter à la face antérieure, à partir du tiers supérieur de la cuisse. Les collecteurs terminent dans le triangle de Scarpa, dans les lymphonœuds superficiels et profonds. [64]

Les collecteurs de la petite saphène font aussi partie du plan superficiel. Ils proviennent des anastomoses postérolatérales du pied et du talon, passent entre la malléole latérale et le tendon d'Achille. Ils remontent à la face postéromédiale pour rejoindre les lymphonœuds du creux poplité. [64]

Pour le plan profond, les collecteurs du pied proviennent des organes sous-aponévrotiques (muscles, os, articulations...). Les collecteurs sont divisés en une couche profonde (drainage du bord latéral du pied) et en une couche intermédiaire (suit les vaisseaux plantaires médiaux et latéraux). Derrière la malléole latérale, les collecteurs tibiaux postérieurs proviennent des collecteurs de la couche intermédiaire. L'ensemble de ces collecteurs forment les collecteurs profonds plantaires. Les collecteurs profonds dorsaux se situent à la face dorsale du pied. Ils suivent l'artère pédieuse pour donner les lymphatiques tibiaux antérieurs. [64]

L'ensemble des collecteurs décrits précédemment, sont les collecteurs satellites des vaisseaux principaux. [64]

Dans les collecteurs des voies accessoires, le collecteur accessoire principal part d'un nœud poplité superficiel. Il longe le nerf sciatique jusqu'au massif fessier. Les collecteurs obturateurs vont dans les nœuds internes des lymphonœuds iliaques externes. [64]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Au niveau des lymphonœuds du membre inférieur, on retrouve les lymphonœuds inguinaux profonds et superficiels, les lymphonœuds poplités et le lymphonœud tibial antérieur. [65]

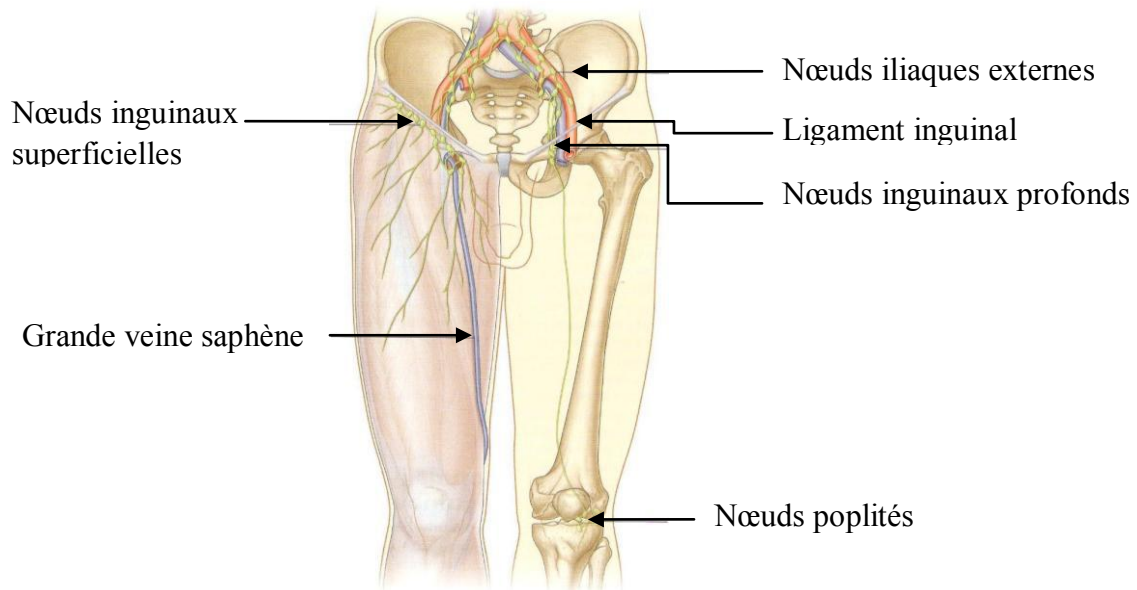


Fig.20 : Schéma des lymphonœuds inguinaux, iliaques et poplités. [58]

Après les lymphonœuds inguinaux, la lymphe des membres inférieurs passe par les lymphonœuds iliaques et lombo-aortiques. [65]

Le conduit thoracique débute au niveau des deux premières vertèbres lombaires. Il a la forme d'un sac, portant le nom de Citerne de Chyle. La lymphe continue sa montée par le canal thoracique. La lymphe retourne dans la circulation sanguine par la veine subclavière.[29]

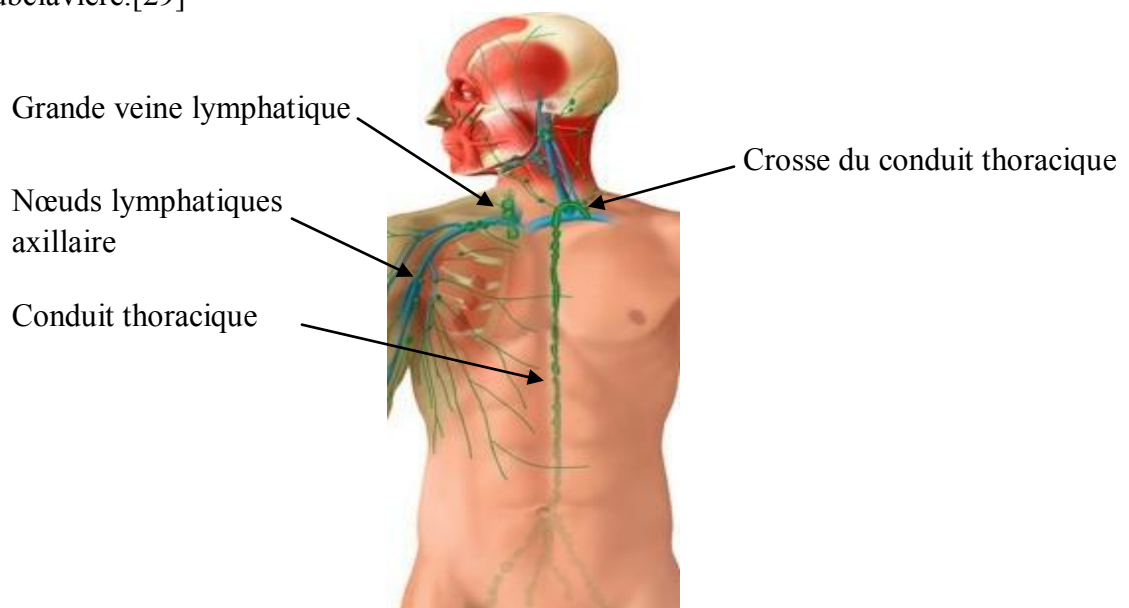


Fig.21 : Schéma illustrant les principaux conduits lymphatiques du tronc. [60]

2.3 Physiologie

La lymphe est un liquide excédentaire qui se retrouve dans le milieu interstitiel. Ce liquide est composé d'eau, d'éléments nutritifs, de minéraux et de vitamines. Le liquide sort du capillaire artériel pour rejoindre le milieu interstitiel. Selon leur besoin, les cellules vont utiliser les différents composants du liquide excédentaire et rejeter les éléments dégradés. Le réseau capillaire veineux va récupérer le liquide grâce aux variations de pression. [65]

Le rôle du système lymphatique est de collecter la lymphe qui se trouve dans le milieu interstitiel et de la ramener dans la circulation sanguine. [66]

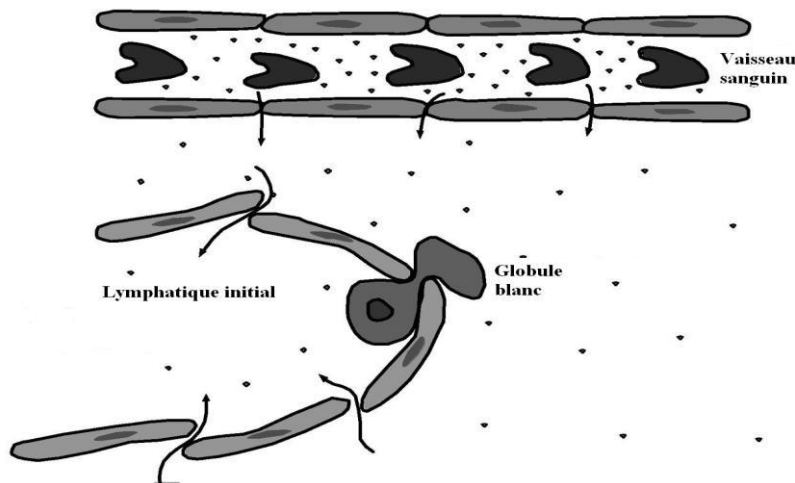


Fig.22 : Schéma (traduit) expliquant la relation entre les vaisseaux sanguins et le lymphatique initial. [66]

Le système lymphatique a un rôle immunologique et il doit éliminer les protéines de hauts poids moléculaires. [64], [66], [67]

La résorption lymphatique se fait par les lymphatiques initiaux papillaires. Les lymphatiques initiaux sous papillaires sont chargés de collecter, recueillir et écouler la lymphe en direction des précollecteurs. Les actions des lymphatiques initiaux sous papillaires se font par les variations de pression. Ensuite, la lymphe arrive dans les précollecteurs, qui ont pour rôle de drainer la lymphe vers les collecteurs. Les valvules, présentes dans les précollecteurs, évitent tout reflux. [64], [65]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Les collecteurs ont un double rôle. Ils doivent transporter la lymphe et la concentrer en substances à hauts poids moléculaires. Le transport est réalisé en grande partie par le réseau profond. Lorsque la lymphe passe d'un lymphangion à un autre, de petites molécules restent sur le pourtour du lymphangion. Lors de son trajet vers les lymphonœuds, la lymphe devient de plus en plus concentrée en substances à hauts poids moléculaires. [64], [65], [66]

La lymphe qui arrive dans les nœuds lymphatiques, est filtrée. La circulation lymphatique étant difficile dans les nœuds, une lymphostase s'installe. Les macrophages agissent pendant ce temps. Dans les lymphonœuds, la concentration est présente comme dans les collecteurs. La lymphe est distribuée dans le système lymphatique et dans le système veineux. [64], [65], [66]

Les lymphonœuds agissent comme des filtres et des réservoirs où les globules blancs se multiplient. [66]

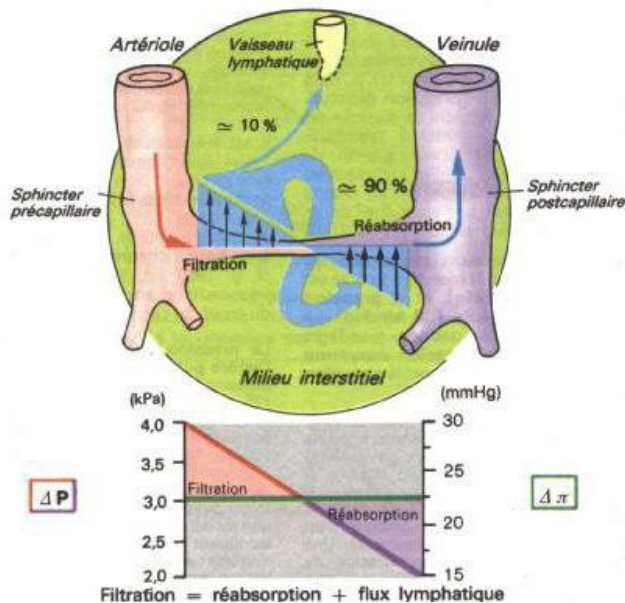
Les contractions musculaires, notamment du triceps sural pour le membre inférieur, favorisent la remontée de la lymphe et le débit lymphatique. [62]

Le flux lymphatique est dépendant de la formation de la lymphe et de son transport. Si une de ces deux étapes est altérée, un œdème se forme. [66]

Les lymphonœuds produisent des lymphocytes. La lymphe contient des antigènes capables d'induire une réaction immunitaire lors de la présentation de lymphocytes B ou T. [68]

3- Échanges dans la microcirculation

Dans une journée, 20 litres de liquide sont filtrés. Sur les 20 litres, 18 litres sont résorbés et retournent dans la circulation sanguine par les capillaires. Les 2 litres restants passent dans le système lymphatique. [69]



ΔP = différence de pression hydrostatique

$\Delta \pi$ = différence de pression oncotique

Fig.23 : Schéma des échanges liquidiens au niveau des capillaires. [69]

Le compartiment microcirculatoire sanguin (capillaires sanguins), le compartiment interstitiel et le compartiment lymphatique sont liés. Le fonctionnement de chacun est dépendant des autres. [68]

Les pressions permettant les échanges au niveau des capillaires artériels et veineux sont de deux types : [65]

- *Pression hydrostatique* : varie en fonction du courant sanguin. L'activité cardiaque a un rôle important dans la variation de cette pression. Au niveau artériel, elle est de 30 mmHg alors qu'au niveau veineux, elle est de 20 mmHg.

- *Pression oncotique* : varie en fonction des protéines présentes dans le sang. Cette pression est généralement proche de 25 mmHg. Contrairement à la pression hydrostatique, la pression oncotique ne fluctue pas sur le trajet du capillaire.

La filtration s'effectue dans le capillaire artériel alors que la résorption (R) a lieu dans le capillaire veineux. [65]

La pression hydrostatique est plus élevée que la pression oncotique dans la partie initiale du capillaire, c'est la filtration. La résorption ou réabsorption se produit lorsque la pression oncotique est plus importante que la pression hydrostatique. [61]

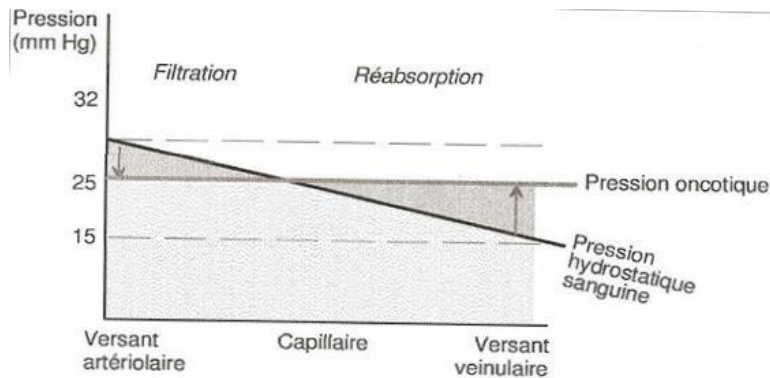


Fig.24 : Schéma expliquant les variations de pressions [61]

La loi de Starling, sur les fluides, est d'application dans la formation de la lymphe [68] :

$$J_v = K_f [(P_c - P_{int}) - \theta (\pi_p - \pi_{int})] \text{ où}$$

J_v : filtration capillaire

K_f : pression hydraulique de la paroi capillaire

P_c : pression hydrostatique capillaire

P_{int} : pression hydrostatique interstitielle

θ : coefficient de restriction du flux de protéines régulé par la paroi capillaire.

π_p : pression osmotique plasmatique

π_{int} : pression osmotique interstitielle.

La loi de Starling est intéressante pour décrire l'équilibre entre les vaisseaux sanguins, le milieu interstitiel et les vaisseaux lymphatiques mais ne correspond pas à la formation de la lymphe. [66]

4- Les œdèmes

4.1 Physiologie

L'œdème est un état d'augmentation des liquides interstitiels [70].

Dans l'œdème, l'homéostasie des liquides extracellulaires de l'organisme est déséquilibrée. Une hyperperméabilité capillaire, une surcharge du système lymphatique ou une anomalie capillaire peuvent être à l'origine d'œdèmes inflammatoires, systémiques ou vasculaires. [64], [66], [70],

Les modifications de la pression dans le capillaire du côté artériel ou dans le capillaire du côté veineux, les modifications du taux de protéines plasmatiques, l'augmentation de la perméabilité aux protéines et la diminution du flux lymphatique peuvent entraîner la formation d'un œdème. [69]

Si l'équilibre entre l'apport liquidien, amené par la filtration hors des capillaires sanguins, et la résorption n'est pas maintenu, un œdème se forme. [65], [71]

Un œdème est visible lorsque la prise de poids est supérieure à 5% du poids total du corps. [70]

Lors de chaque traumatisme, la perméabilité capillaire augmente. C'est le signe d'une réaction inflammatoire qui se met en marche. [72] L'hyperperméabilité est à l'origine de la défaillance de la résorption, qui se fait dans les lymphatiques initiaux capillaires. [64]

L'œdème traumatique fait suite à une altération de la paroi du vaisseau sanguin. L'exsudation libère certains médiateurs chimiques, comme l'histamine, qui vont augmenter la perméabilité vasculaire. Les protéines et les liquides vont sortir et faire diminuer la pression osmotique. [73]

L'œdème affecte en premier lieu les lymphatiques initiaux papillaires. Le facteur déclenchant l'œdème entraîne un engorgement de la circulation (avec une diminution de la résorption et une augmentation de la filtration). On est au stade de l'œdème aigu. Par la suite, les lymphatiques initiaux papillaires se multiplient et s'élargissent. Ceci active la résorption lymphatique. Ce mécanisme permet la diminution de l'œdème. La surface d'échange, dans les lymphatiques, augmente. Les protéines et les substances à hauts poids moléculaires s'accumulent dans l'interstitium provoquant l'arrivée d'une grande quantité d'eau. L'œdème devient riche en protéines. Les fibroblastes sont activés et déclenchent le processus de fibrose hypertrophique. L'œdème devient progressivement ferme. [64]

Les lymphonœuds sont atteints lorsque les macrophages et les lymphocytes ne sont plus capables de purifier la lymphe. Une inflammation des lymphonœuds les rend douloureux. [64]

Les substances à hauts poids moléculaires présentes pour la résorption, sont diminuées lors d'un œdème lymphatique car la microcirculation lymphatique est perturbée. Les molécules d'eau sont alors en plus grand nombre dans l'interstitium et le tissu se fibrose. [74]

Les conséquences de l'œdème sont de la douleur, une fragilisation des tissus, une inhibition de la contraction musculaire et une perturbation possible de la sensibilité. [73]

4.2 Les types d'œdèmes

Plusieurs classifications des œdèmes existent. Les œdèmes ne sont pas forcément dans une classe précise.

On peut les regrouper en œdèmes généralisés ou localisés. [70]

On peut aussi avoir des œdèmes lymphatiques ou veineux. Pour ces deux types d'œdèmes, les causes sont soit une stase, soit une dysfonction du système concerné. [74]

Dans l'œdème vasculaire, l'augmentation de l'apport liquidien peut résulter d'une augmentation de la pression hydrostatique, de la diminution de la pression oncotique. Dans le cas de la diminution de la pression oncotique, les protéines sont moins nombreuses et favorisent la filtration, au dépend de la résorption. Une altération de la paroi vasculaire entraîne un œdème vasculaire car la membrane vasculaire est lésée. [65]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Au niveau veineux, on distingue le syndrome obstructif (qui résulte d'un arrêt complet de la circulation) et le syndrome de reperméation (résulte de résorption plus ou moins complète du thrombus). [74]

L'œdème est lymphatique lorsque la filtration est normale mais la résorption est diminuée. C'est un œdème fibreux et son élimination est fonction de son évolution. L'œdème lymphatique est moins mobile. [65]

L'œdème lymphatique regroupe deux types d'œdèmes : les lymphœdèmes primaires (ou primitifs) et les lymphœdèmes secondaires. [67], [74]

Les lymphœdèmes primaires sont dus à une malformation lymphatique alors que les lymphœdèmes secondaires sont liés à une altération du système lymphatique. [67]

Un œdème de surcharge lymphatique est dû à une hyperperméabilité capillaire alors que le lymphœdème fait suite à une hyperperméabilité lymphatique. [64]

4.3 Clinique

Les signes cliniques pour repérer le type de l'œdème sont pour [71] :

- L'œdème vasculaire : œdème lié à un excès d'apport liquidien

Signe du godet positif

Œdème mobilisable

Amélioré en position couchée

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

- L'œdème lymphatique : œdème lié à un défaut de drainage

Signe du godet négatif

Œdème non mobilisable

Non amélioré en position couchée

Signe de Stemmer positif (impossible de plisser la face dorsale du 2^{ème} orteil)

Peau claire, ongles jaunes

Tendon d'Achille épaissit

On distingue l'œdème primaire de l'œdème secondaire par sa localisation. Dans l'œdème primaire, l'accumulation de lymphe se situe au niveau distal du membre alors que dans l'œdème secondaire, la lymphe reste au niveau proximal du membre. [67]

Six mécanismes principaux sont responsables de la formation des œdèmes post-traumatiques [72] :

- Défaillance de la résistance capillaire.
- Surcharge par augmentation de la perméabilité capillaire
- Élévation de la pression interne par blocage veineux
- Atteinte de la circulation lymphatique
- Altération du secteur interstitiel
- Antécédents pathogéniques.

Chaque mécanisme est responsable de la formation de l'œdème. Si plusieurs mécanismes sont présents en même temps, l'œdème sera plus important. [72]

Si le système lymphatique ou veineux est détérioré, le risque d'œdème ou d'altération de l'œdème est plus important. [72]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

La consistance, le volume, l'amélioration de l'œdème par la surélévation des membres, la présence ou non de troubles cutanés, la douleur sont des signes qui permettent de distinguer le type d'œdème. [74]

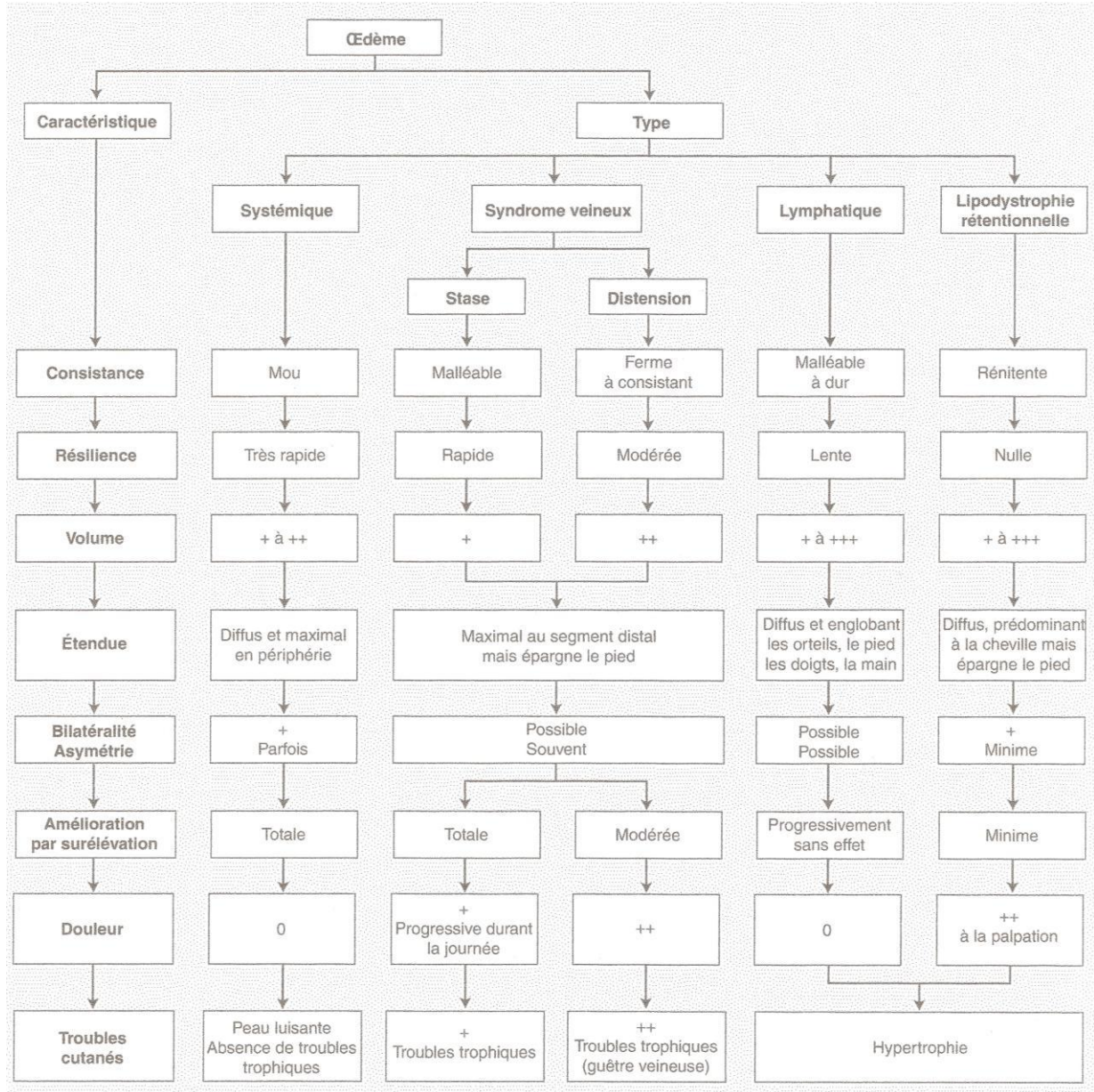


Fig.25 : Classification des signes de différenciations des œdèmes. [74]

C- Traitement des œdèmes post-traumatiques par cryothérapie

Le traitement de choix des œdèmes post-traumatiques est la cryothérapie. La prolifération du liquide synovial, le métabolisme et la production de métabolites sont limités par l'application du froid. [73]

Après une arthroplastie totale de genou, l'application de cryothérapie permet de diminuer les effets liés à l'opération. Ces effets sont de la douleur, un écoulement de sang au niveau de la zone opérée et un œdème local. [75]

Le premier phénomène qui se passe lors de l'application de cryothérapie est la baisse de la température cutanée. Cette diminution provoque un ralentissement du métabolisme. La consommation en oxygène est réduite. Dans le même temps, une vasoconstriction s'effectue au niveau du système circulatoire. [76]

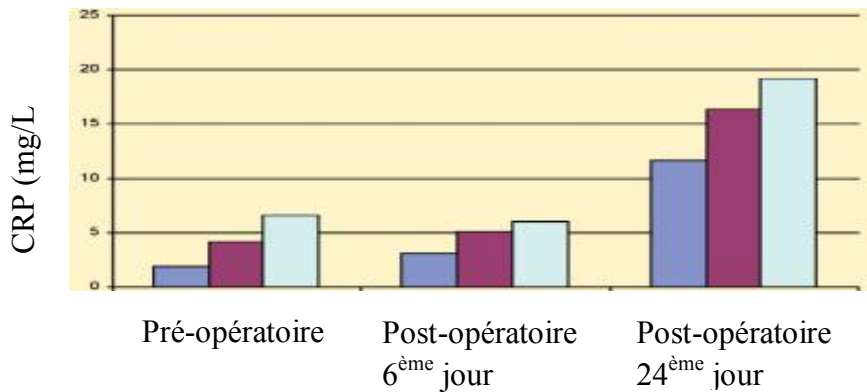
La cryothérapie locale agit sur la diminution de l'œdème et l'inflammation. [77], [78], [79]

Après un traumatisme, la réaction inflammatoire qui se met en place provoque la sortie de médiateurs chimiques. La perméabilité vasculaire est augmentée. La cryothérapie est nécessaire pour lutter contre ce processus. [80]

Par l'effet anti inflammatoire de la cryothérapie, on agit sur l'œdème. L'importance de l'inflammation est liée à la température tissulaire. L'abaissement de la température tissulaire engendre une diminution de la production des médiateurs chimiques intervenant dans la réaction inflammatoire. [81]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Selon Meeusen [82], la cryothérapie a un effet favorable sur la diminution de l'œdème et de l'hématome ainsi que sur la réaction inflammatoire. Selon l'étude qu'il a menée en post opératoire d'une arthroscopie de l'épaule, la réaction inflammatoire est moins élevée après l'application de la neurocryostimulation (Cryotron).



Bleu foncé : Cryotron, Violet : Placebo, Bleu clair : Cryotron Contrôle

Fig.26 : Schéma (traduit) de l'augmentation de l'inflammation (CRP) entre les différents traitements (pré-opératoire, 6 jours post-opératoires, 24 jours post-opératoires). [82]

L'activité métabolique et enzymatique est réduite après une application de froid permettant une meilleure oxygénation des tissus abimés. [83] Les douleurs et le gonflement sont limités. [84], [85]

Par l'effet anti-inflammatoire et vaso-moteur, la cryothérapie agit sur la production et la circulation enzymatique. Le drainage de l'œdème est favorisé. [59], [86]

L'application de cryothérapie réduit la température intra articulaire. La circulation sanguine est ralentie. [75]

Une étude sur le rat a démontré que l'application de la cryothérapie diminuait la perfusion sanguine au niveau de la microcirculation. [80]

La vasoconstriction et l'augmentation de la viscosité sanguine, après application de la cryothérapie, ralentissent le flux sanguin et l'exsudation. [73]

Le froid provoque une vasoconstriction qui entrave la vasodilatation de la réaction inflammatoire. La sortie de flux sanguin est limitée et diminue l'œdème. [81]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

L'application de la cryothérapie permet une vasoconstriction au niveau artériolaire et capillaire. L'œdème est réduit car le flux sanguin est diminué, la pression hydrostatique et l'extravasation plasmatique également. [73]

L'alternance vasoconstriction-vasodilatation, provoquée par une application de froid favorise le drainage de l'œdème. [87]

L'utilisation de la neurocryostimulation comme technique de cryothérapie a un effet anti œdémateux car le réflexe vaso-moteur des systèmes vasculaires et lymphatiques est activé. Il est indiqué d'utiliser cette technique dans le domaine post opératoire en orthopédie. [88, 89, 90]

L'application de cryothérapie sur la peau provoque une réponse de l'axe hypothalamo-cortical par un réflexe neurovégétative. Dans l'étude de Fréchin, la neurocryostimulation augmente le débit veineux de la veine fémorale. Cette variation du débit est due à la vasodilatation qui s'établit lors de l'application du froid par le jet de CO₂ sous pression. L'application de la neurocryostimulation permet une diminution de l'œdème. [91]

Selon Fréchin [91], la neurocryostimulation peut être utilisés dans différentes pathologies de l'appareil vasculaire.

L'application locale de cryothérapie active les thermorécepteurs cutanés. Cette information est véhiculée jusqu'aux centres thermorégulateurs. Cette stimulation entraîne l'activation du système nerveux sympathique. [92]

L'application de la cryothérapie associée à une compression externe permet une meilleure récupération et accélère le processus de guérison. [83] La diminution de l'œdème est plus marquée lors de la compression de la zone lésée et de la cryothérapie. [85]

La neurocryostimulation permet d'agir sur l'œdème post traumatique et de diminuer les douleurs. Cette cryothérapie favorise la cicatrisation. [32]

L'élimination de l'œdème se fait par le système lymphatique. [93] Le flux lymphatique a un rôle important dans la reconstitution des tissus lésés. [83]

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Pour agir sur l'œdème, il est intéressant d'appliquer le froid après une blessure, mais le temps d'application ne doit pas être trop long et le froid ne doit pas être trop intense. [94] La durée d'application est généralement de 20 minutes. Cependant l'Université de Bruxelles a démontré que la perméabilité des vaisseaux sanguins diminue au cours de l'application. Pour une efficacité maximale, l'application devrait durer 10 minutes. [85]

Une étude a été réalisée sur l'effet de la cryothérapie sur l'œdème après une opération dentaire. Les résultats montrent une diminution du gonflement et de la douleur. Cette étude est la seule à mesurer l'évolution de l'œdème post opératoire. [76]

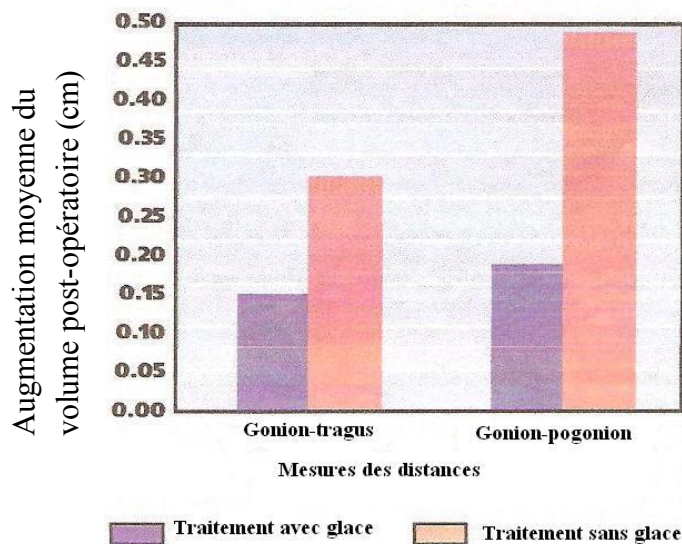


Fig.27 : Schéma (traduit) des mesures des volumes de l'œdème après une opération dentaire avec et sans cryothérapie. [76]

La cryothérapie gazeuse est indiquée dans le traitement des œdèmes et hématomes post chirurgicaux. [86]

Selon Adie [75], l'utilisation de cryothérapie n'apporte pas de bénéfices pour la diminution de l'œdème en post opératoire immédiat.

Healy et al ont comparé l'utilisation du « Cryocuff » et de la poche de glace après arthroplastie totale de genou. Cette étude ne montre pas de différence significative, entre les deux techniques, sur l'évolution de l'œdème, de la douleur au cours de la prise en charge. [95]

D'après Bussièrès et Brual [73], la cryothérapie agirait sur la résorption de l'œdème aigu mais peu sur l'œdème chronique.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

De nombreuses études ont décrit les effets de la cryothérapie. Une étude a évalué la taille de l'œdème au cours de l'utilisation de la cryothérapie. Une cascade d'effets liés à l'application du froid explique la diminution de l'œdème.

CHAPITRE II : Discussion et présentation d'un protocole expérimental

A- Discussion

Dans ce travail, l'objectif était de cerner toutes les notions de la cryothérapie corps entier et des œdèmes.

La cryothérapie corps entier est une technique récente. De nombreuses études ont été effectuées sur le sujet afin de recenser les domaines d'applications et leurs effets sur l'organisme.

La cryothérapie corps entier, s'est beaucoup développée dans les pays de l'Est de l'Europe, notamment en Pologne. Faute de traducteur, je regrette de ne pas avoir pu étudier la littérature allemande, polonaise et russe dans le cadre de ce travail.

Les premières études en cryothérapie corps entier ont été réalisées en rhumatologie par Fricke et Wichmann [11].

La cryothérapie corps entier est indiquée pour la spondylarthrite ankylosante. Selon Wichmann, Fricke [11], et Kargus [12], la spondylarthrite ankylosante répond favorablement à un traitement par cryothérapie corps entier. Cholewka [10] est du même avis, mais le nombre restreint de patients dans son étude ne permet pas de conclure à un réel bénéfice de la cryothérapie corps entier. Dans l'étude de Kargus [12], les paramètres inflammatoires ne sont pas modifiés.

Selon Straub [13] et Cholewka [10], la CCE peut être une aide au diagnostic et au suivi de la maladie.

L'indication de la CCE dans le traitement de la polyarthrite rhumatoïde est contradictoire. Selon Kargus [12], la CCE est bénéfique pour le traitement de la polyarthrite rhumatoïde en phase aiguë. Lorsque la maladie est chronique, les effets ne sont pas notables. L'étude de Straub [13], décrit des effets indésirables suite à la CCE.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Malgré des indications dans les pathologies rhumatismales, les études se contredisent. Le sujet doit être approfondi pour adapter la technique à chaque pathologie.

Aucune étude n'a été effectuée dans le domaine de la traumatologie alors que la recherche dans le domaine sportif est en plein essor. Les études menées par Banfi [16], [18] montrent que la CCE peut être utilisée en prévention et en traitement des blessures chez les sportifs. Une étude de Hausswirth [96], à l'INSEP est en cours sur la récupération du sportif par la cryothérapie corps entier. Au moment, où je termine mon travail, les résultats de cette étude ne sont pas disponibles. Les effets à long terme n'ont pas été étudiés. Seul Zimmer [14] cite qu'après cinq années d'utilisation, la CCE est efficace dans le traitement de la traumatologie sportive.

Dans le domaine neurologique, Miller [24] présente les effets favorables de la CCE chez les patients atteints de sclérose en plaques. Le traitement de la spasticité par la cryothérapie corps entier n'est justifié par aucune étude.

Il a été démontré que la cryothérapie corps entier pouvait être un outil dans le traitement des dépressions. Sur le plan dermatologique, Klimenko [26] a décrit que la cryothérapie corps entier est également efficace, notamment dans le traitement des dermatites atopiques.

Enfin la cryothérapie corps entier est indiquée dans le traitement de la fibromyalgie pour son effet antalgique. Il est important de noter, que l'étude de Kargus [12] a montré que seulement 25% des patients de son étude ont réagi positivement à la CCE. Pour certaines patientes, la CCE a provoqué des douleurs plus importantes.

Les effets de la cryothérapie corps entier sont liés les uns aux autres. L'action du froid est systémique. Il faut tout d'abord créer un choc thermique pour abaisser la température cutanée.

Grâce au « gate control » qui s'établit lors de la CCE, l'antalgie est possible. Barbiche [3] explique que ce phénomène est possible et durable car l'ensemble du corps est stimulé en même temps.

L'effet anti-inflammatoire suite à la cryothérapie corps entier a été étudié par plusieurs auteurs [3], [18], [29], [33], [34]. Toutes les études sur le sujet indiquent une diminution de l'inflammation. Les médiateurs chimiques sont inhibés.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Les études de Fricke [37], [38] montrent que la puissance musculaire est améliorée après la cryothérapie corps entier. Westerlund [22] a mis en évidence une adaptation neuromusculaire après plusieurs séances de cryothérapie corps entier.

Les effets thermiques ont été étudiés par Savalli [39] et Westerlund [23]. Il en ressort que les extrémités sont les plus sensibles au froid. L'abaissement de la température cutanée et centrale est fonction de l'âge, du sexe du patient et de la durée d'exposition.

Sur le plan cardio-vasculaire, les différentes études menées montrent que la fréquence cardiaque augmente pendant la séance. Cependant, une exposition répétée au froid permet une adaptation de la fréquence cardiaque mais pas de la tension artérielle. [1], [3], [9], [41], [42]

Les études sur l'évolution des hormones après cryothérapie corps entier ont des résultats variables en fonction des hormones étudiées [17], [21], [25], [46], [47]. Dans son étude, Smolander [46] n'obtient pas de variations. Il a été démontré que les taux de testostérone et d'estradiol sont diminués après la cryothérapie corps entier. [25]

Au niveau respiratoire, les modifications ne sont pas significatives. Le port du masque est la raison de cette absence de variations [48].

La littérature sur la cryothérapie corps entier est récente et reste peu fiable. Des incohérences existent entre les indications et les études réalisées. Il est important de remarquer que certaines pathologies sont indiquées pour le traitement par cryothérapie corps entier alors qu'aucunes études ne prouvent son efficacité.

La technique manque de recul et les recherches sont à poursuivre pour améliorer son utilisation sans risque pour les patients.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

La littérature décrivant l'histologie et l'anatomie du système veineux et lymphatique, est non seulement largement connue mais jouit aussi d'un large consensus.

Huit facteurs importants pour le retour veineux, sont à mettre en évidence à partir de la littérature traitant de la physiologie du système veineux : [57], [61], [62], [63],

- Le tonus veineux
- La distensibilité pariétale
- Les valvules veineuses
- La capacité veineuse
- La pompe musculaire et articulaire
- Les fascias
- La respiration
- La vasomotricité

La lymphe se forme dans l'espace interstitiel pour arriver jusqu'aux lymphonœuds. Le système lymphatique a un rôle immunologique important. [64], [65], [66], [67], [68].

La pression hydrostatique et la pression oncotique permettent de réguler le passage des liquides du compartiment artériel au compartiment veineux. [61], [65], [66], [68].

L'œdème résulte d'un déséquilibre de ces pressions et a diverses causes. On classifie les œdèmes, en fonction de leur localisation ou de leur état. On a des œdèmes vasculaires ou lymphatiques en fonction des modifications de pression. [64], [65], [66], [69], [70], [71], [72], [73], [74].

Les œdèmes peuvent faire suite à une malformation du réseau lymphatique ou suite à une altération des vaisseaux lymphatiques. [64], [65], [67], [70], [74].

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

L'étude clinique permet d'établir le type d'œdème. Les signes observables sont :

- Le signe du godet
- La mobilisation ou non de l'œdème
- L'évolution de l'œdème en fonction de la position du patient.

L'application de cryothérapie sur un œdème post traumatique est fréquente. Les études citent régulièrement l'effet anti-œdémateux de la cryothérapie. [73], [75], [77], [78], [79], [80].

L'effet anti-inflammatoire de la cryothérapie permet d'agir sur l'œdème car l'activité métabolique est diminuée ainsi que la production enzymatique. L'effet vaso-moteur a aussi un rôle puisque le flux sanguin est ralenti et la vasoconstriction qui s'établit, limite la sortie du liquide plasmatique. [59], [73], [80], [81], [82], [83], [84], [85], [86].

Une étude [75], indique que la cryothérapie en post opératoire immédiate n'apporte pas de bénéfice sur la diminution de l'œdème. Une autre étude [95], comparant deux types de cryothérapie, ne montre pas de bénéfice plus important d'une technique par rapport à une autre (Cryocuff par rapport à un cold-pack).

Une seule étude a mesuré l'évolution de la taille de l'œdème après la cryothérapie. [76] Les autres études sur le sujet ont évalué les paramètres physiologiques caractérisant l'œdème.

Une étude de Hausswirth [96] est en cours sur l'œdème post-effort et la cryothérapie corps entier. Les résultats de cette étude ne sont pas encore connus. Les chercheurs ont mesuré les valeurs physiologiques pour évaluer l'impact de la cryothérapie corps entier sur la récupération du sportif.

Après l'étude de la littérature, plusieurs questions restent en suspens. On a vu que la cryothérapie locale avait un effet sur l'œdème et que la cryothérapie corps entier permettait également de réduire l'œdème grâce aux effets anti-inflammatoires. Mais dans quelle mesure, l'action systémique de la cryothérapie corps entier peut-elle influencer un œdème local ?

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

En cryothérapie corps entier, chez les non-sportifs, aucune étude n'a été effectuée dans le domaine de la traumatologie, ni dans le domaine de la chirurgie orthopédique prothétique. La cryothérapie corps entier est-elle aussi efficace que la cryothérapie locale dans les lésions focales ?

De part son action systémique, les effets de la cryothérapie corps entier sur l'œdème sont-ils plus importants que la cryothérapie locale ? Le drainage de l'œdème sera-t-il plus rapide ? La mobilisation et la récupération de l'amplitude seront-elles accélérées ?

L'aspect économique peut être un frein à l'utilisation de la CCE. La cryothérapie corps entier est une technique moderne. Elle est en constante évolution. Au moment où je termine mon travail de fin d'études, une nouvelle technique commence à se profiler, le cryosauna.

Le cryosauna est composé d'un caisson unique. Il fonctionne par évaporation d'azote liquéfié. L'azote liquide se trouve dans un réservoir comme pour les caissons hypothermiques. La température peut être abaissée jusqu'à -150°C . [2] Le tarif d'un cryosauna est d'environ 39 000 Euros hors taxe.

Dans le cryosauna, le sol est mobile et réglé en fonction de la taille du patient. La tête du patient se situe au dessus des gaz froids. Il peut ainsi respirer l'air ambiant. Le port du bonnet et du masque de protection n'est pas nécessaire. [2]



Fig.28 : Photo d'un cryosauna de la marque « Criotec » [47]

Cette technique semble regrouper les avantages de la cryothérapie corps entier. Par rapport au caisson hypothermique, le tarif est moins élevé et l'encombrement est moindre.

Nous proposons donc un protocole afin de voir l'impact de la cryothérapie corps entier sur l'œdème post-opératoire après arthroplastie totale de genou.

B- Présentation d'un protocole expérimental

1- Objectif

L'objectif de ce protocole est de voir l'effet de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires après une arthroplastie de genou. D'après la littérature, aucunes études n'ont été effectuées sur la cryothérapie corps entier et les œdèmes post-opératoires.

Dans cette étude, nous évaluerons l'évolution de l'œdème après un traitement par cryothérapie corps entier et par bandes de contention.

2- Population de l'étude choisie

2.1 Groupes

Trois groupes seront formés :

- Groupe 1 : Traitement avec bandes de contention, kinésithérapie classique et cryothérapie à la demande.

Du 7^{ème} jour à la 6^{ème} semaine : traitement avec kinésithérapie classique et cryothérapie à la demande.

- Groupe 2 : Traitement avec bandes de contention, kinésithérapie classique et cryothérapie à la demande.

Du 7^{ème} jour à la 6^{ème} semaine : traitement avec kinésithérapie classique, cryothérapie à la demande et cryothérapie corps entier en caisson hypothermique.

- Groupe 3 : Traitement avec bandes de contention, kinésithérapie classique et cryothérapie à la demande.

Du 7^{ème} jour à la 6^{ème} semaine : traitement avec kinésithérapie classique, cryothérapie à la demande et cryothérapie corps entier avec cryosauna.

2.2 Critères d'inclusion

Les patients qui participeront à l'étude auront subi une arthroplastie de genou. La prothèse sera la même pour tous les patients et placée par le même chirurgien.

Ils n'auront jamais pratiqué de séance de cryothérapie corps entier.

Ils devront être capables de se déplacer avec ou sans une canne en bois.

Pour la nuit, les pieds des patients seront surélevés de 10°.

La prise de médicaments sera standardisée et les antidouleurs seront maintenus.

2.3 Critères d'exclusion

Les patients présentant des contre indications à la cryothérapie corps entier ne pourront pas faire partie des groupes avec traitement par cryothérapie corps entier. (cf. Chapitre I / A- La cryothérapie corps entier / 6- Les contre-indications)

Les patients incapables de se déplacer seul ne pourront pas participer à l'étude.

Les patients ayant un antécédent d'insuffisance veineuse, ne pourront pas prendre part à l'étude.

3- Matériel et méthode

3.1 Matériel

Le matériel utilisé pour la cryothérapie corps entier sera :

- un caisson hypothermique à -110°C. La description de l'installation, de la séance et de l'équipement du patient sont expliqués dans le chapitre sur la cryothérapie corps entier. (Chapitre 1 : A- La cryothérapie corps entier / 2- Composition et fonctionnement du caisson hypothermique, 7- La séance.)
- un cryosauna à -110°C. La description de l'installation est reprise dans la discussion. (Chapitre 2 : A- Discussion). Le patient sera équipé de gants, de chaussettes, de chaussures et d'un maillot de bain en coton.

Pour le traitement compressif, les bandes de contention de type BIFLEX 16+ de la marque (Thuasne) seront utilisées. Les bandes mesurent 4 m de longueur et 8 cm de largeur. Les formes géométriques quadrangulaires servent d'étalonnage. Lorsque la bande est détendue, les formes sont des rectangles et deviennent des carrés, lorsque la bande est allongée à 30%. La pression exercée sera de 20 mm Hg, pression conseillée par le fabricant pour agir contre l'œdème.

3.2 Méthode

Les modalités d'applications, pour chaque traitement proposé, sont :

➔ Bandage de contention :

- L'application des bandes de contention se fera à la sortie de la salle d'opération dès que le patient aura regagné sa chambre et pendant 6 jours.
- Le temps d'application de la contention sera de minimum 8 heures.
- La nuit, les bandes devront être retirées.
- Le 6^{ème} jour post opératoire, les bandes de contention seront définitivement retirées.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Le choix de la période de 6 jours de port de bandes de contention fait référence au mémoire de Naviaux. [68] Dans ce travail, l'auteur a étudié l'influence de l'application d'un bandage compressif sur l'œdème après arthroplastie totale de genou. L'efficacité significative du bandage a été prouvée jusqu'au 6^{ème} jour.

La description de la mesure est reprise à la page suivante.

➔ Kinésithérapie classique

- Les séances sont réalisées le matin.
- Le patient aura une séance de kinésithérapie par jour, pendant six semaines.

➔ Cryothérapie corps entier

Avant chaque passage dans le caisson hypothermique ou dans le cryosauna, le patient subira un examen médical. (*Annexe* : Fiche médicale, Fiche de consentement)

- Les séances débuteront au 7^{ème} jour post opératoire.
- Le patient sera vêtu d'un maillot de bain, de gants, de chaussures et de chaussettes. Pour le groupe 2, les patients porteront un bonnet et un masque chirurgical. Un pansement sera mis sur le genou opéré afin de protéger la cicatrice.
- Le patient se déplacera à l'aide d'une canne en bois si nécessaire.
- Le passage dans le caisson se déroulera en trois étapes :
 - 1) Passage dans le sas à -10°C : phase d'acclimatation
 - 2) Passage dans le sas à -60°C : phase d'acclimatation
 - 3) Passage dans le sas à -110°C : phase de traitement par Choc thermique

Le patient reste trois minutes dans le sas à -110°C. Pour sortir, le patient repasse dans chaque sas.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

- Pour le passage dans le cryosauna, le patient s'installera sur le sol mobile. L'examineur réglera le sol en fonction de la taille du patient. La séance dans le cryosauna sera d'une minute trente. Le patient reste immobile le temps de la séance.
- La séance aura lieu l'après-midi et trois fois par semaine (lundi, mercredi, vendredi).

➔ Mesures de l'évolution de l'œdème

Le système de mesure est le même que celui que Naviaux [68] a utilisé dans la réalisation de son étude.

- L'appareil de mesure est composé de deux parties : une bande plastique et des mètres rubans.
- La bande plastique est appliquée sur la face antérieure du membre inférieur.
- Les mètres rubans sont disposés perpendiculairement à la bande plastique. Un espace de 5 cm sépare chaque mètre ruban. Les 5 cm représentent la distance entre le bord supérieur d'un mètre ruban et le bord inférieur du mètre ruban suivant.
- La mesure sera une mesure périmétrique.



Fig.29 : Mise en place de l'appareillage de mesure et positionnement du patient. [68]

4- Évaluation du patient

4.1 Installation du patient

Le patient est en décubitus dorsal sur une table de kinésithérapie. La tête repose sur un oreiller. Un coussin est placé sous le talon.

4.2 Repères et réalisation de la mesure

On repère le bord inférieur de la malléole externe. Ce sera le point de référence.

On applique le bord supérieur du mètre ruban au niveau du bord inférieur de la malléole externe. Le mètre ruban est perpendiculaire à la bande plastique.

Les mètres rubans sont maintenus à la bande plastique par du ruban adhésif.

Les mètres rubans sont appliqués à 5 cm les uns des autres.

Pour les deux mètres rubans se trouvant sous celui de référence, on notera les valeurs -5 cm et - 10 cm.

Chaque mètre ruban sera noté par la distance à laquelle il se trouve en fonction du point de référence.

Les mesures commenceront par l'extrémité du pied, soit - 10 cm.

Le membre inférieur est décomposé en segment « jambe », segment « genou » et segment « cuisse ».

L'étude débutera en post-opératoire immédiat et se terminera à la 6^{ème} semaine post-opératoire.

Impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires d'une arthroplastie totale de genou.

Les mesures seront effectuées :

- En post-opératoire immédiat
- Au 7^{ème} jour (avant et après la séance de cryothérapie corps entier).
- Au 17^{ème} jour (après le retrait des fils)
- A la 6^{ème} semaine (au moment de la 2^{nde} visite chez le chirurgien).

Les mesures en post-opératoire et au 7^{ème} jour post-opératoire permettent de voir si les groupes sont équilibrés.

Toutes les mesures seront réalisées avant et après chaque séance de cryothérapie, aux dates indiquées, que ce soit pour la cryothérapie locale ou la cryothérapie corps entier (caisson ou cryosauna).

En isolant le traitement par cryothérapie corps entier, le but est de voir l'intérêt de cette technique dans le traitement des œdèmes. L'utilisation du caisson hypothermique et du cryosauna permet de voir l'efficacité de chaque technique.

4.3 Évaluation de la douleur

L'évaluation de la douleur se fera grâce à l'Échelle Analogique Visuelle (EVA). Cette échelle sert à quantifier l'intensité de la douleur ressentie par le patient. Ce type d'évaluation est fiable, reproductible et reconnue par de nombreuses études internationales.

L'échelle analogique visuelle comporte deux faces. Une face destinée au patient. De ce côté, le patient pourra régler le curseur entre « aucune douleur » et « douleur maximale imaginable » en fonction de son ressenti de la douleur.



Fig.30 : EVA côté patient. [97]

Sur la face destinée au thérapeute, l'intensité de la douleur est quantifiable par une réglette, graduée de 0 à 10.

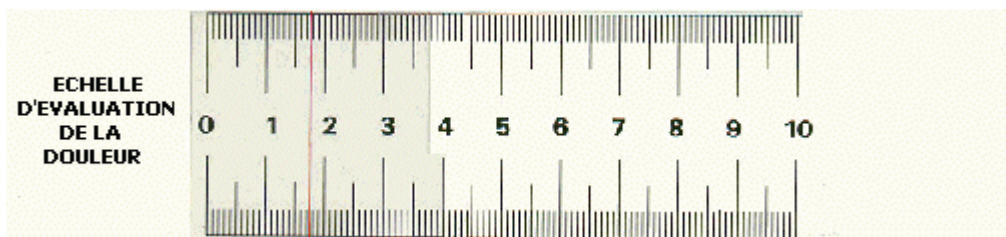


Fig.31 : EVA côté thérapeute [97]

CHAPITRE III : Conclusion

Après analyse de la littérature, il nous est apparu nécessaire de proposer un protocole expérimental visant à étudier les effets d'un traitement par cryothérapie corps entier à -110°C, sur les œdèmes post-opératoires après arthroplastie totale de genou.

Grâce au protocole proposé, le but est de mesurer l'impact de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires.

Pour cela, nous proposons une étude constituée de trois groupes de sujets opérés pour une arthroplastie totale de genou. Le traitement de base est composé d'un bandage de contention en post-opératoire immédiat, de cryothérapie à la demande et de kinésithérapie classique. A partir du 7^{ème} jour, un groupe n'aura pas de cryothérapie corps entier et deux groupes auront de la cryothérapie corps entier, soit par caisson hypothermique, soit par cryosauna.

Les mesures évalueront l'efficacité de la cryothérapie corps entier sur les œdèmes post-opératoires. Nous avons, à cette fin, choisi de mesurer l'œdème par le système proposé par Naviaux. [68]

Après discussion, il devrait être possible d'apprécier l'efficacité, ou non, d'un traitement par cryothérapie corps entier sur l'œdème postopératoire et ses conséquences. Il devrait aussi être possible de savoir si une technique est plus efficace que l'autre (caisson hypothermique ou cryosauna).

Ce travail de fin d'étude fait déjà l'objet d'une demande de présentation lors du congrès commun de la Société Française de Traumatologie du Sport et de la Société Française de Médecine du Sport, en France fin Septembre 2010 et de lecture par J. R. Filliard, adjoint au chef du département médical de l'INSEP à Paris et par L. Fille, responsable de l'Institut de Cryothérapie Corps Entier de Toulon Provence Méditerranée,.