

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
RÉGION LORRAINE
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION
EN MASSO KINÉSITHÉRAPIE
DE NANCY

**ÉTUDE POSTUROGRAPHIQUE
CHEZ SUJETS SAINS,
APRÈS CRYOTHÉRAPIE
DE LA CHEVILLE**

Mémoire présenté par **Lola Devavry**
Étudiante en 3ème année de masso-kinésithérapie
En vue de l'obtention du Diplôme d'État
De Masseur-kinésithérapeute 2014-2015.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ

	Page
1. INTRODUCTION.....	1
2. RAPPELS	2
2.1. Posture et plateforme stabilométrique.....	2
2.1.1. Le système postural : physiologie et définition.....	2
2.1.1.1. Définition.....	2
2.1.1.2. Les différentes entrées de la posture.....	2
2.1.1.2.1. Entrée visuelle.....	2
2.1.1.2.2. Entrée vestibulaire.....	3
2.1.1.2.3. La somesthésie	4
2.1.1.3. Intégration centrale.....	4
2.1.2. La plateforme stabilométrique SATEL [®]	5
2.1.2.1. Description de la plateforme	5
2.1.2.2. Principe de fonctionnement	6
2.1.2.3. Paramètres étudiés.....	7
2.1.2.3.1. Longueur	7
2.1.2.3.2. Surface	7
2.1.2.3.3. X moyen	8
2.1.2.3.4. Y moyen	9
2.2. La cryothérapie	9
2.2.1. Mécanismes de transferts de température.....	9

2.2.1.1. Conduction	9
2.2.1.2. Convection.....	10
2.2.2. Indications et effets de la cryothérapie.....	10
2.2.2.1. L'inflammation.....	10
2.2.2.2. La douleur.....	11
2.2.2.3. Le gonflement et l'œdème	11
2.2.3. Contre-indications de la cryothérapie.....	12
2.3. Choix de l'articulation de la cheville	12
2.3.1. Fréquence de l'entorse de cheville	12
2.3.2. Conséquences de l'entorse de cheville.....	12
3. METHODES DE RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUES.....	13
3.1. Problématiques	13
3.2. Stratégies de recherches	14
4. MATERIEL ET METHODES	15
4.1. Population	15
4.1.1. Critères d'inclusion.....	15
4.1.2. Critères d'exclusion.....	15
4.2. Matériel	16
4.2.1. La cryothérapie	16
4.2.2. La plateforme SATEL®.....	16
4.3. Méthode	17
4.3.1. Consignes données au patient	17
4.3.2. Installation du patient et prise de données.....	18
4.3.3. Protocole de cryothérapie.....	19
5. RÉSULTATS.....	20

5.1. Analyse statistique	20
5.2. Présentation des résultats	22
6. DISCUSSION	26
6.1. À propos de la population	26
6.2. À propos du protocole de cryothérapie	27
6.3. À propos du protocole de posturographie	28
6.4. À propos des résultats	29
7. CONCLUSION	30

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

L'auteur déclare n'avoir aucun conflit d'intérêt

RÉSUMÉ

Contexte : l'entorse de cheville est la première cause de consultation aux urgences traumatologiques. Avec une prévalence de 1 cas sur 10000 habitants, elle représente un enjeu de santé publique. Cette pathologie entraîne des troubles de l'équilibre et de la posture. La cryothérapie est une technique de choix dans son traitement il est donc important d'en connaître ses effets.

Objectif : notre étude repose sur l'analyse des paramètres posturographiques chez des sujets sains avant et après séance de cryothérapie sur la cheville. Le but est d'évaluer les effets sur la posture et l'équilibre de l'application de froid.

Population : 30 sujets sains sans antécédent traumatologique, âgés de 18 à 30 ans ont été inclus dans notre protocole.

Matériel et méthodes : l'étude posturographique est réalisée sur plateforme stabilométrique, en condition statique, les yeux ouverts et les yeux fermés. Le protocole de cryothérapie consiste en une application de glace emballée dans un linge humide pendant 20 minutes sur la face latérale de la cheville du pied dominant. La posturographie est réalisée 2 fois, avant et après l'application de froid.

Résultats : le critère X moyen en fonction du pied dominant est à tendance statistiquement significative. Les résultats sont les suivants : pour le pied gauche dominant les yeux ouverts ($p = 0,16$) et les yeux fermés ($p = 0,16$), pour le pied droit dominant les yeux ouverts ($p = 0,06$). Aucun autre critère posturographique étudié (longueur, surface, Y moyen) ne montre de résultat significatif.

Conclusion : dans le cas de notre protocole la cryothérapie semble influencer la posture dans le plan frontal. L'application de froid n'améliore ni n'altère les critères posturographiques surface, longueur et Y moyen. Il serait intéressant de réaliser une étude fonctionnelle et qualitative de l'équilibre pour étoffer nos résultats.

Mots clés :

- ✓ contrôle postural, posturographie, plateforme de force, cryothérapie, entorse de cheville.
- ✓ posturography, postural control, force platform, cryotherapy, ankle sprain.

1. INTRODUCTION

L'entorse de cheville est une pathologie très fréquente, on dénombre environ 6000 cas par jour en France. L'entorse latérale de cheville représente 90% des entorses. Son mécanisme lésionnel est un mouvement en inversion exagérée, due à une réponse trop tardive des fibulaires, muscles s'opposant à ce mouvement. Sa fréquence et son coût (environ 1,2 millions d'euros par jour) en font un enjeu de santé publique (1).

La rééducation de cette pathologie a pour but de retrouver une articulation stable et non algique. Le traitement le plus répandu pour l'entorse de cheville, en première intention, est l'application de froid, associée à du repos, une compression et une position de déclive (protocole RICE Rest Ice Compression Elevation). La cryothérapie peut se présenter sous de nombreuses formes : sprays cryogènes, cryothérapie gazeuse hyperbare, cryothérapie corps entier, linge humide rempli de glaçons. Elle est utilisée pour diminuer la douleur et l'inflammation, en association avec un traitement médicamenteux (2). L'application de glace emballée dans un linge humide est une technique cryothérapique peu coûteuse. De plus, les patients peuvent la réaliser chez eux, et les thérapeutes peuvent l'utiliser en séance sans besoin de matériel spécifique.

Par ailleurs, on sait que l'entorse de cheville engendre des troubles de l'équilibre. Plusieurs études mettent en évidence un déficit de contrôle postural entre les patients porteur d'une instabilité chronique de cheville, en comparaison avec des sujets sains (3).

De nombreux travaux démontrent l'effet de la cryothérapie sur la proprioception et l'équilibre. Hopper and al. montrent qu'une immersion pendant 15 minutes dans l'eau froide diminue le sens de positionnement articulaire de la cheville (4). Bragard, par son protocole, conclut que 20 minutes de bain froid sur la jambe déplace le centre de pression vers la jambe non immergée (5).

La plateforme stabilométrique est un outil objectif pour évaluer la posture. Elle est l'instrument de choix pour évaluer l'effet d'une technique sur l'équilibre.

L'objectif de notre protocole est d'évaluer les effets de la cryothérapie appliquée sur la cheville sur l'équilibre et la posture de sujets sains, en utilisant une plateforme de force posturographique. Nous comparerons les différents paramètres posturographiques avant et après cryothérapie, pour observer leur évolution.

2. RAPPELS

2.1. Posture et plateforme stabilométrique

2.1.1. Le système postural : physiologie et définition

2.1.1.1. Définition

L'équilibration posturale est indispensable à l'homme pour se tenir debout. Elle est définie comme l'ensemble des «*mécanismes qui concourent au maintien de la station érigée*» (6). L'homme est en déséquilibre permanent. En station bipodale, il doit maintenir son centre de pression à l'intérieur du polygone de sustentation. La posture est régulée par 3 entrées : visuelle, vestibulaire et proprioceptive. Les informations recueillies par les différentes structures sont intégrées au niveau central, notamment dans l'archéo-cervelet, lui-même relié à la moelle épinière (7).

2.1.1.2. Les différentes entrées de la posture

2.1.1.2.1. Entrée visuelle

La vision est le premier des trois systèmes afférents que l'homme utilise pour maintenir son équilibre. Elle lui permet de s'orienter dans l'espace, en envoyant sans cesse des informations au système nerveux central sur la position du corps dans l'environnement et celle d'un segment par rapport à un autre (8). Son importance dans l'équilibre est démontrée par le fait qu'une baisse ou une perte de la vision engendre une perturbation de la posture (9). 80% des perceptions sensorielles ont

comme origine la vision (10). La rétine, membrane interne du globe oculaire, est divisée en deux régions. La rétine périphérique, la plus sensible, oriente le regard et informe le sujet sur son environnement et son déplacement. La rétine fovéale ou centrale permet la fixation du regard lors des mouvements de la tête grâce au réflexe vestibulo-oculaire (11).

2.1.1.2.2. Entrée vestibulaire

L'oreille interne est un organe qui joue un rôle à la fois dans l'audition par la cochlée, et dans l'équilibre par le vestibule. Le vestibule contient les récepteurs de l'équilibre que sont les macules utriculaires et sacculaires, et les canaux semi-circulaires (**fig. 1**). Ils sont stimulés par les accélérations. Remplis de liquide endolympatique, les canaux semi-circulaires sont disposés dans les trois plans de l'espace, et répondent aux accélérations rotatoires. Le système otolithique est activé, pour la macule utriculaire, par les accélérations verticales, et pour la macule sacculaire par les accélérations horizontales. Ce système maintient la rectitude du regard lors des mouvements de la tête (12).

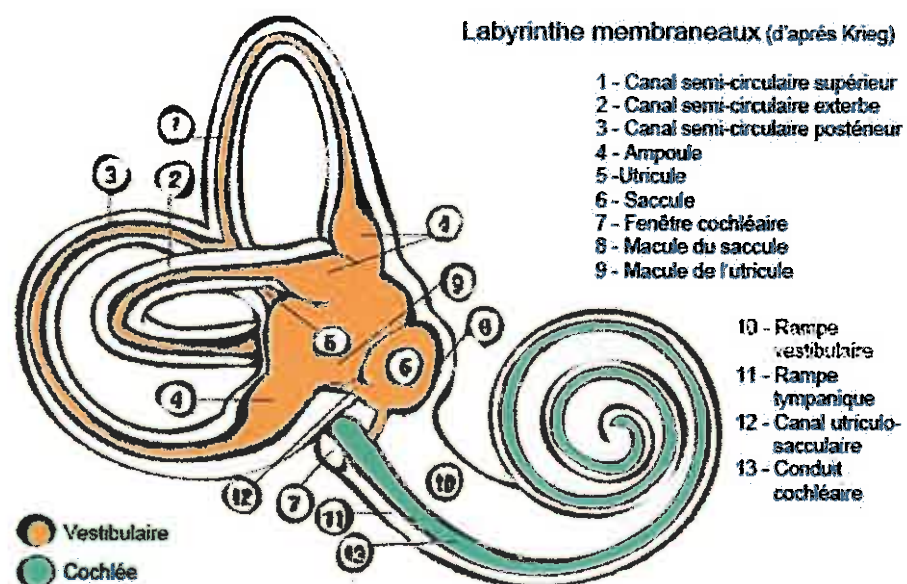


Figure 1: Schématisation de l'oreille interne montrant la position du vestibule (12)

2.1.1.2.3. La somesthésie

C'est l'entrée la plus diversifiée de la posture. La somesthésie se sépare en deux composantes (l'extéroception et proprioception), qui s'opposent. L'extéroception regroupe les stimuli reçus par sollicitations extérieures tandis que la proprioception se base sur les stimuli internes. Les récepteurs de la proprioception se trouvent dans les tissus pour les capteurs myo-articulaires et dans la peau pour les capteurs cutanés. Ils sont activés à chaque déformation mécanique (pression, étirement, déplacement). La proprioception informe sur l'état de notre corps, la position de nos différents membres dans l'espace, et de leurs mouvements (13). Ces informations sont obtenues grâce à différents éléments.

- ✓ Les fuseaux neuromusculaires participent au réflexe d'étirement et maintiennent le tonus postural.
- ✓ Les récepteurs cutanés réagissent à la déformation de la peau.
- ✓ Les récepteurs articulaires sont sensibles aux positions des articulations et aux mouvements de celles-ci.
- ✓ Les organes tendineux de Golgi réagissent à la contraction (raccourcissement) et à l'étirement des muscles (14). Ceux-ci, d'après Nicolas and al. donneraient « des informations relatives à la force de contraction musculaire » (15).

Ces afférences somesthésiques sont envoyées en permanence au système nerveux central pour y être analysées, puis activent des réactions d'équilibration.

2.1.1.3. Intégration centrale

À des fins d'adaptation aux déséquilibres posturaux, l'intégration doit être rapide et la réaction inconsciente. C'est pourquoi elle met en jeu de nombreuses activités réflexes. Tous les stimuli sensoriels sont collectés par le système nerveux central, puis analysés pour contrôler la posture : c'est ce qu'on appelle le système « *bottom up* ». Un feedback du mouvement est aussi réalisé par le cervelet, pour contrôler ses ordres : il compare l'action requise par le système nerveux central, et

celle réalisée par le corps, c'est le processus « *top down* ». Le réflexe myotatique permet le maintien du tonus musculaire. Celui-ci est modulé par la formation réticulée et les noyaux vestibulaires de la VIII^{ème} paire de nerfs crâniens (cochléo-vestibulaire) situés dans le tronc cérébral. La régulation posturale par le système nerveux central est la clé de voûte de l'équilibre, elle est indispensable au maintien de la station érigée (16).

2.1.2. La plateforme stabilométrique SATEL[®]

2.1.2.1. Description de la plateforme

Pour cette étude une plateforme de force type SATEL[®] a été utilisée.

Elle est constituée d'un plateau d'acier sous lequel reposent 3 capteurs disposés en triangle équilatéral (**fig. 2**). Ces jauges de contraintes envoient des informations mécaniques traduites en données informatiques enregistrées par l'ordinateur auquel est reliée la plateforme (17) (18).

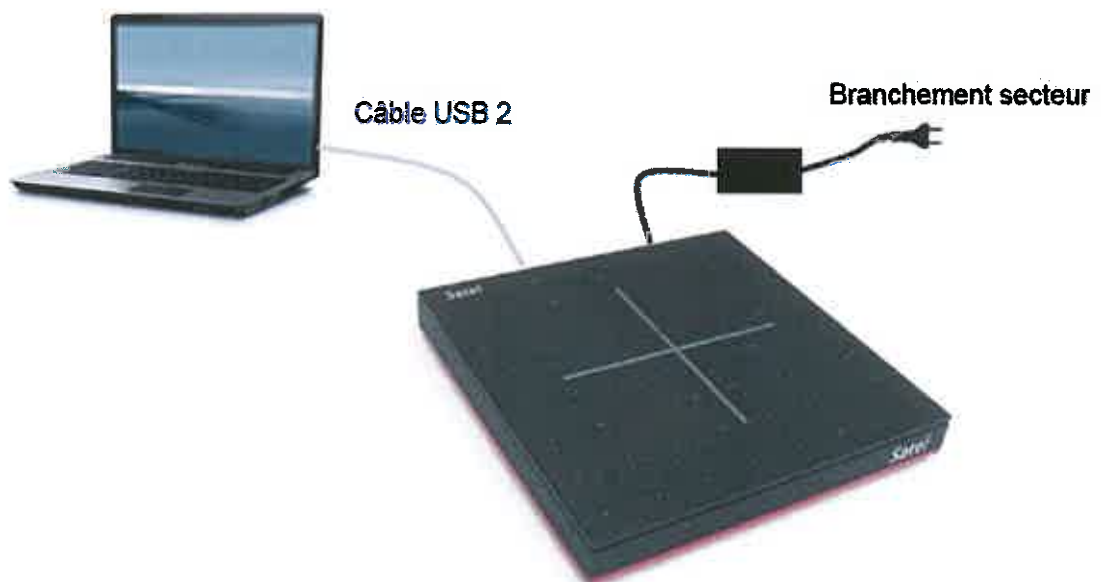


Figure 2 : Installation de la plateforme (19)

2.1.2.2. Principe de fonctionnement

La plateforme de force, lors de la prise de mesure, enregistre les variations de pressions. Engendrées par le sujet, debout sur la plateforme, ces forces sont à la fois dues à la gravité, mais aussi aux réactions musculaires d'équilibration. Les déplacements du centre de pression du sujet (assimilé à son centre de gravité) réalisent un tracé : le statokinésigramme (**fig. 3**). Un cercle violet représente la surface que devrait occuper le centre de pression. Le calcul de cette surface a été obtenu par échantillonnage statistique chez des sujets sains : 60% se trouvent dans cette position moyenne.

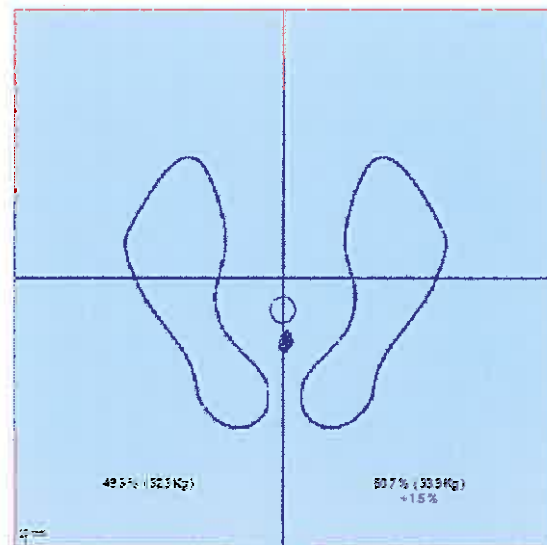


Figure 3 : Statokinésigramme

Le stabilogramme (**fig. 4**) donne la position du centre de pression suivant ses oscillations dans le plan frontal et sagittal.

Il se compose d'un ensemble de deux graphiques qui évaluent, pour l'un, les oscillations des appuis plantaires dans le sens médio-latéral (X moyen), pour l'autre, dans le sens antéro-postérieur (Y moyen). En abscisse se trouve le temps écoulé lors de l'examen, en ordonnée l'amplitude du déplacement.

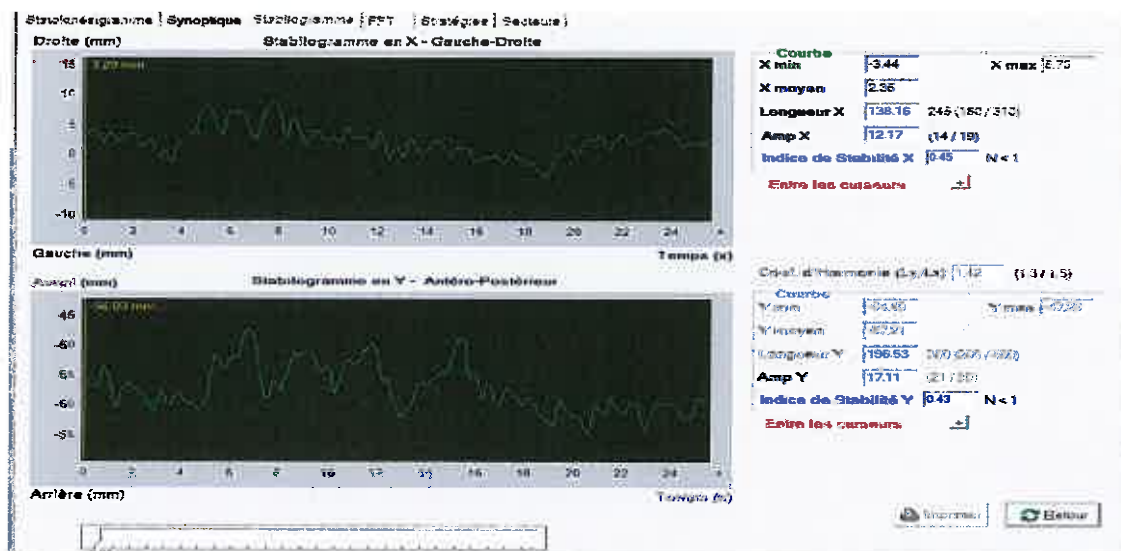


Figure 4 : Stabilogramme

2.1.2.3. Paramètres étudiés

Les paramètres développés seront ceux utilisés dans cette étude : le critère surface, X moyen, Y moyen et longueur. La comparaison de ces valeurs avant et après cryothérapie permet de connaître son influence sur la posture. La posturographie est un examen complémentaire à l'analyse clinique et il ne peut la remplacer. Les valeurs de références sont définies par les normes 85 (20).

2.1.2.3.1. Longueur

Le statokinésigramme (fig. 5) obtenu lors de l'examen est symbolisé par une pelote. Le logiciel mesure la longueur en millimètre (mm) du tracé obtenu, ici en rouge. Une faible longueur traduit une bonne capacité du sujet à s'équilibrer.

2.1.2.3.2. Surface

L'ovale bleu représente l'ellipse de confiance, c'est un intervalle qui contient 90% des points occupés par le centre de pression lors de la prise de mesure (19). Les 10% considérés comme mal contrôlés ne sont pas pris en compte dans les

mesures. Le critère surface est exprimé en millimètre carré (mm²). Plus la surface est petite, plus le sujet est stable et moins son centre de pression oscille pendant l'examen.

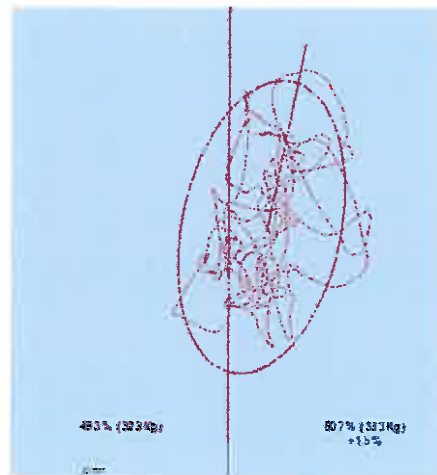


Figure 5 : Le statokinésigramme et son ellipse de confiance

2.1.2.3.3. X moyen

Le X moyen (fig. 6) donne la longueur moyenne des oscillations du centre de pression dans le plan frontal en millimètre.

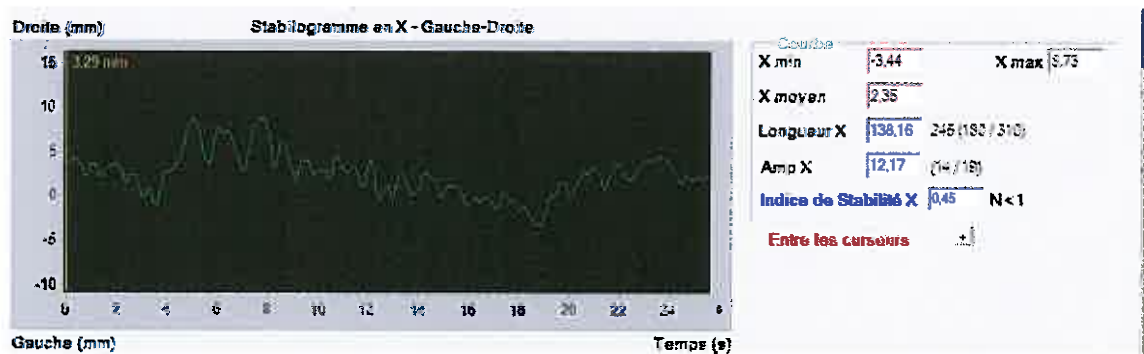


Figure 6 : Stabilogramme en X

2.1.2.3.4. Y moyen

Le Y moyen (**fig. 7**) donne la longueur moyenne des oscillations du centre de pression dans le plan sagittal en millimètre, une comparaison de ces deux paramètres permet de déduire dans quel plan le sujet est le moins stable.



Figure 7 : Stabilogramme en Y

2.2. La cryothérapie

La cryothérapie est une technique largement utilisée en rééducation neurologique, rhumatologique, ou traumatologique. Elle a pour but de faire baisser la température des tissus, en entraînant des réactions physiologiques.

2.2.1. Mécanismes de transferts de température

2.2.1.1. Conduction

La conduction est un mécanisme de transfert du froid par contact direct. Ce mécanisme entraîne en premier lieu une baisse de température des couches tissulaires périphériques c'est-à-dire la peau, jusqu'aux couches tissulaires plus profondes comme le muscle, les ligaments et l'os. Ce mécanisme permet aussi de baisser la température cutanée de proche en proche d'un endroit à un autre de la surface de la peau (21).

2.2.1.2. Convection

La convection s'effectue par l'intermédiaire du système artério-veineux. Contrairement au mécanisme de conduction, la convection se fait via des particules comme des fluides ou l'air (*ici le sang*). La circulation du sang dans le corps provoque une modification de la température. Ce système fonctionne grâce à un refroidissement en amont ou en aval par les shunts métartériolaires. De nombreux mécanismes diminuent son efficacité dans le transfert de température : la présence de tissus adipeux, l'habituation au froid et l'entraînement sportif (22).

2.2.2. Indications et effets de la cryothérapie

Nous développerons les effets de la cryothérapie pour les déficiences entraînées par l'entorse de cheville. (cf. 2.3)

2.2.2.1. L'inflammation

La réaction inflammatoire aiguë est un ensemble de 5 symptômes qui se produisent après une agression de l'organisme : la rougeur, la chaleur, le gonflement, la douleur et l'impotence fonctionnelle. Lors de cette réaction, l'homéostasie cellulaire est modifiée. Elle est nécessaire à la guérison. En effet, en utilisant la cryothérapie, le but est de limiter les symptômes inflammatoires et non de supprimer l'inflammation indispensable à la réparation des tissus (23). Elle se décompose en 3 phases.

La phase vasculaire débute par une coagulation pour former un caillot, suivi d'une vasodilatation pour apporter les protéines plasmatiques et les cellules immunitaires nécessaires à la guérison. La cryothérapie, par la vasoconstriction qu'elle induit, limite cette phase.

La phase cellulaire se caractérise par un afflux de cellules immunitaires : les leucocytes. Le froid diminue la production de médiateurs chimiques responsables de leur abondance.

Enfin, *la phase de résolution* consiste en l'élimination des déchets pour préparer la phase de cicatrisation.

2.2.2.2. La douleur

Après un traumatisme, le corps génère l'influx douloureux pour se protéger. L'information nociceptive est véhiculée par deux types de fibres. Des fibres A δ (*delta*) de petit calibre faiblement myélinisées pour la douleur rapide et précise, et des fibres C de petit calibre non myélinisées pour la douleur sourde. Ces caractéristiques entraînent une vitesse de conduction nerveuse lente. La sensation de froid est véhiculée par des fibres afférentes rapides qui inhibent la voie de la douleur. C'est l'effet « *gate control* ». Le froid pourrait aussi avoir un rôle dans le ralentissement des réactions chimiques responsables de la douleur (21).

2.2.2.3. Le gonflement et l'œdème

Un des effets de la cryothérapie serait la minimisation de l'œdème. Une application de froid précoce (moins de 36 heures suivant l'incident traumatique) et une compression, aideraient à la limitation du gonflement en comparaison à un traitement par la chaleur ou plus tardif (24). Sloan and al. (25) montrent que l'association cryothérapie et compression est plus efficace contre l'œdème qu'un traitement anti-inflammatoire.

L'effet de vasoconstriction puis vasodilatation imposé par le refroidissement ou « *Hunting response* » est mis en place pour éviter la lésion tissulaire lors du froid. Cette réaction aiderait à l'élimination de l'œdème (26) (27). Cependant, d'après Kowal (28), l'effet dépendrait de la température tissulaire obtenue après la cryothérapie. Le niveau de preuve de l'application du froid pour l'œdème est de grade C, contrairement à la douleur qui est de grade B (29) (**Annexe I**). L'action du froid sur l'œdème reste donc discutable.

2.2.3. Contre-indications de la cryothérapie

Elles doivent être respectées sous peine d'être délétère pour le patient. Les troubles circulatoires périphériques tels que l'artériopathie, les micro-angiopathies, et le syndrome de Raynaud, les réactions infectieuses, l'hypersensibilité au froid, une baisse de la sensibilité, voire une anesthésie, sont des facteurs qui empêchent d'y avoir recours. Cette pratique pourrait léser les tissus (22).

Même sur un sujet sain, une température trop basse peut provoquer des brûlures, il faut donc rester vigilant lors de son utilisation.

2.3. Choix de l'articulation de la cheville

2.3.1. Fréquence de l'entorse de cheville

L'entorse de cheville constitue la cause la plus fréquente de consultation en traumatologie, ainsi que 15 à 20% des blessures sportives toutes disciplines confondues. La prévalence de cette pathologie est de 1 cas pour 10 000 habitants. Elle représenterait 6000 cas par jour en France.

La forme clinique la plus fréquente au niveau de la cheville est l'entorse latérale (90%). De plus, le risque de récurrence des entorses de cheville serait entre 10 et 30% (1). C'est donc un traumatisme fréquent que le masso-kinésithérapeute rencontre régulièrement dans sa pratique, qu'elle soit libérale ou hospitalière.

2.3.2. Conséquences de l'entorse de cheville

Les conséquences de l'entorse de cheville sont nombreuses. La modification de la proprioception, la baisse de réactivité des fibulaires, ainsi qu'une appréhension à l'activité sportive induisent des troubles dans les réactions d'équilibration. La cheville a une place de choix dans les stratégies de l'équilibre. Chez les sujets sains et jeunes, il est retrouvé, pour la plupart, le modèle du pendule inversé ou « la tactique du centre de pression » selon Gagey (**fig. 8**). C'est le système le plus économe en énergie, le patient ajuste son équilibre à partir du pied. L'auteur

l'assimile au fait de tenir en équilibre un manche à balai sur le doigt. Plus le bras de levier est grand, plus il est facile de rattraper les situations de déséquilibre (30).

D'après la théorie de Freeman, le mécanisme de l'entorse de cheville serait dû à une réponse trop tardive des fibulaires, suite à une stimulation sensitive. L'étirement ligamentaire augmenterait le temps de réaction car la stimulation serait de moins bonne qualité (31).



Figure 8 : Représentation de la stratégie du centre de pression (18)

3. METHODES DE RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUES

3.1. Problématiques

L'entorse de cheville est une pathologie fréquente, nous la rencontrons régulièrement dans notre pratique en rééducation. Deux objectifs principaux du traitement sont la limitation des troubles trophiques et de la douleur ainsi que le travail de la reprogrammation neuromusculaire et la proprioception. La cryothérapie est la technique de choix dans la lutte contre la douleur et l'œdème. Du fait du mécanisme lésionnel de l'entorse de cheville, la proprioception est altérée et la réactivité des fibulaires diminuée. Des études posturographiques montrent que l'équilibre est modifié par une entorse de cheville (32).

Notre problématique vient de cette interrogation : l'application de la cryothérapie pourrait-elle influencer la proprioception et donc l'équilibre, déjà altéré dans le cas de cette pathologie ? De plus, la cryothérapie est à la fois utilisée en rééducation, mais aussi dans le domaine du sport. En application immédiate, elle permet au joueur de retourner sur le terrain. Nous nous demandons si cette pratique pourrait altérer l'équilibre du sportif et donc augmenter le risque de blessure. N'ayant pas à notre disposition un échantillon suffisamment important de personnes présentant une entorse de cheville, notre protocole s'exerce sur des sujets sains. La question posée est la suivante : la cryothérapie sur la cheville, influence-t-elle l'équilibre chez les sujets sains ?

3.2. Stratégies de recherches

Pour notre recherche différents mots clés associés ont été utilisés :

En français

- « contrôle postural », « équilibration », « posture », « posturographie » « plateforme de force » ; « cryothérapie », « froid » ; « entorse de cheville »

En anglais

- « posturography », « postural control », « postural stability », « force platform » ; « cryotherapy », « cold therapy » ; « ankle sprain ».

Nous tentons de limiter nos recherches bibliographiques sur une période de 20 ans (*travaux postérieurs à 1994*). Certains articles plus anciens, indispensables à notre recherche restent encore d'actualité aujourd'hui, par exemple les normes 85.

Plusieurs moteurs de recherche de données bibliographiques ont été employés : MedLine, PEDro, The Cochrane Library, Sciencedirect, Réédod, EM-Consult, Google scholar, la HAS, les bases de données des bibliothèques universitaires de Lorraine (SUDOC, Lorraine Clic).

Nous étendons nos recherches sur Google, Google Books, Google Scholar, et dans les revues kinésithérapiques (Kinésithérapie la Revue, Kinésithérapie scientifique)

La lecture du titre, du résumé, des références utilisées par l'auteur, et sa pertinence avec le sujet, permettent de retenir les différents articles pour établir la bibliographie.

4. MATERIEL ET METHODES

4.1. Population

4.1.1. Critères d'inclusion

La population, participant à l'étude, est composée d'étudiants de l'Institut Lorrain de Formation en Masso-Kinésithérapie de Nancy. Leur âge est compris entre 18 et 30 ans. L'échantillon est constitué de 30 personnes ($n = 30$), 15 hommes et 15 femmes.

4.1.2. Critères d'exclusion

Les étudiants exclus de l'étude sont ceux présentant

- ✓ des troubles vestibulaires non soignés (névrite, vertige paroxystique positionnel bénin, neuronite vestibulaire, maladie de Ménière)
- ✓ des problèmes dentaires ou temporo-mandibulaires (antécédents orthodontiques, dysfonctionnement temporo-mandibulaire)
- ✓ un problème visuel non corrigé
- ✓ un traitement médical entraînant instabilité ou vertiges (tranquillisants, sédatifs)
- ✓ une contre-indication à la cryothérapie (cf. 2.2.3)
- ✓ une pathologie associée pouvant entraîner des vertiges (hypertension artérielle, problème cardiaque, hypotension orthostatique)
- ✓ un traumatisme récent de moins d'un an

- ✓ une instabilité chronique de cheville
- ✓ une prise de tabac, de boisson excitante, alcool, ou substance toxique avant l'expérimentation.

4.2. Matériel

4.2.1. La cryothérapie

Comme technique de cryothérapie, l'application de glace sur la cheville, pendant 20 minutes a été choisie. Chaque pack de cryothérapie de l'expérimentation contient la même quantité de glace (*150 grammes*) et, est emballé dans un linge humide. Elle est disposée sur la cheville du pied dominant.

4.2.2. La plateforme SATEL®

L'étude se déroule dans une salle qui a pour caractéristiques l'isolation phonique et un éclairage artificiel. Nous assurons ainsi les conditions sonores et lumineuses constantes. Nous avons recours à :

- ✓ une plateforme SATEL® (fig. 9) ainsi que des cales pour la position podale,
- ✓ un ordinateur équipé du logiciel SATEL® version 34.4
- ✓ un fil à plomb fixé sur un mur de couleur unie

La plateforme a été décontaminée à l'aide de lingettes désinfectantes entre chaque sujet.

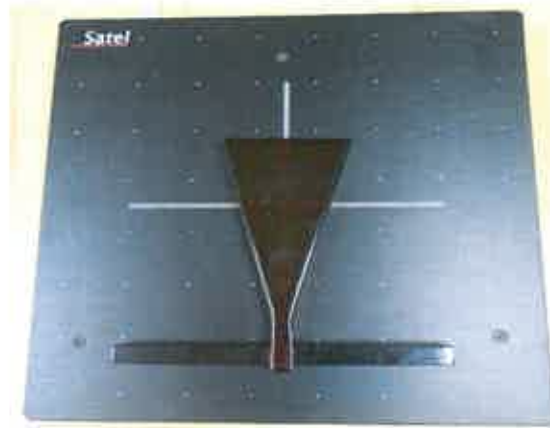


Figure 9 : La plateforme SATEL®

4.3. Méthode

Le protocole se déroule en 3 temps :

- ✓ bilan posturographique avant cryothérapie
- ✓ protocole de cryothérapie
- ✓ bilan posturographique après cryothérapie

4.3.1. Consignes données au patient

Avant de commencer l'expérimentation, tous les sujets ont signé un formulaire de consentement éclairé qui a été précédé de la lecture d'une fiche d'information et d'explications orales sur l'expérimentation (**Annexe II**).

Les consignes sont les mêmes pour chaque patient. « *Tenez vous droit, le regard à l'horizontale, les bras le long du corps, ne bougez pas les pieds, ne serrez pas les poings ni les dents, regardez le fil à plomb, avez-vous compris ?* » La compréhension des consignes par le sujet est vérifiée. Deux types de prises de données sont réalisés. Pendant la saisie de mesure les yeux ouverts, on demande au patient de fixer le fil à plomb. Les consignes sont « *fermez les yeux* » et « *ouvrez les yeux* » afin de passer d'une mesure avec ou sans la vue.

4.3.2. Installation du patient et prise de données.

Le patient monte sur la plateforme pieds nus, place ses pieds en position de Romberg : grâce aux cales, les talons sont séparés de 2cm et les pieds sont à 30° d'écartement (**fig. 10**). Pour que chaque mesure soit reproductible, plusieurs conditions sont respectées :

- ✓ la température dans la salle est contrôlée et, est la plus reproductible possible,
- ✓ en dehors des consignes données au début du protocole, et l'indication pour fermer ou ouvrir les yeux, le silence est de rigueur pendant la prise de mesure, permettant de ne pas stimuler ou déconcentrer le patient,
- ✓ le sujet ne sait pas à quel moment la prise de mesure débute, ni combien de temps elle dure.



Figure 10: Installation du patient sur la plateforme

L'offset est réalisée sur la plateforme avant chaque patient. Nous prenons 6 mesures : 3 les yeux ouverts et 3 les yeux fermés. Chaque mesure dure 25,6 secondes. Les 2 premières mesures ne sont pas utilisées dans notre analyse, elles sont considérées comme inutilisables du fait du manque d'habituatation et à des

erreurs de compréhension des consignes. Le protocole est établi selon les normes 85 décrites par Gagey (20).

Le patient est ensuite installé par l'opérateur en décubitus dorsal, en situation de cryothérapie.

Le même protocole et le même nombre de mesures sont précisément reproduits, après l'application de froid. Nous demandons ensuite son ressenti sur l'équilibre au sujet.

Les données utilisées sont celles récoltées dans la fiche patient (**Annexe II**) ainsi que la longueur du statokinésigramme (en mm), la surface (en mm²), et la longueur des X et des Y (en mm) du stabilogramme.

4.3.3. Protocole de cryothérapie

L'étude nécessite de la glace pilée (150g) et une serviette humide. L'application est effectuée sur la cheville du pied dominant pendant 20 minutes (**fig. 11**). Nous vérifions la tolérance du patient au froid au bout de 2 minutes, puis toutes les 5 minutes



Figure 11 : Installation des patients en cryothérapie

Le linge humide permet de diminuer plus efficacement la température cutanée qu'un linge sec (33). Le temps d'application de vingt minutes est celui nécessaire pour avoir un refroidissement efficace, c'est-à-dire une température cutanée inférieure à 15°C. Ce seuil entraîne l'analgésie (21). Le «*clinical evidence based cryotherapy protocol*» n'a pas encore été établi, l'élaboration du protocole est de ce fait basée sur les recommandations de la HAS (29), ainsi que la littérature. Le patient est allongé sur une table de massage. La cryothérapie est appliquée sur la face externe de la cheville dominante, comme dans le cas d'une entorse latérale de cheville, en regard du ligament collatéral fibulaire. D'après Waldén and al., cette entorse survient à 74% sur le pied dominant (34). Pour savoir quel pied est dominant, nous utilisons 3 tests :

- ✓ le premier pied à être posé quand nous demandons au patient de monter une marche
- ✓ le pied mis en avant pour rattraper un déséquilibre lors d'une poussée postérieure les yeux fermés
- ✓ le pied utilisé pour shooter dans un ballon (35) (36) (37).

5. RÉSULTATS

5.1. Analyse statistique

La population étudiée est de $n = 30$ sujets, c'est pourquoi nous acceptons la normalité de la distribution. La même population est analysée, avant et après une technique (ici l'application de froid), pour chaque critère. Nous utilisons la loi de Student. Elle sera appariée car la comparaison s'effectue sur le même échantillon de sujet, pour deux moments donnés différents.

Pour l'étude des mesures, les deux premiers examens yeux ouverts et yeux fermés sont supprimés. La moyenne des deux restants est effectuée (**tab. I**).

Exemple : (AVC = avant cryothérapie) (YO = yeux ouverts) (YF = yeux fermés)

Tableau I : Réalisation de la moyenne des mesures

AVC YO	AVC YF	AVC YO	AVC YF	AVC YO	AVC YF	Moyenne YO	Moyenne YF
1	2	3	4	5	6		
163,48	163,83	76,38	119,35	53,91	169,78	65,14	144,56

Mesures
supprimées

Moyenne de
ces deux
valeurs

Moyenne de
ces deux
valeurs

Nous réalisons le test de Student apparié pour :

- ✓ le critère surface les yeux ouverts et yeux fermés
- ✓ le critère X moyen les yeux ouverts et yeux fermés
- ✓ le critère Y moyen les yeux ouverts et yeux fermés
- ✓ le critère longueur les yeux ouverts et yeux fermés

La comparaison du critère X moyen en fonction du pied dominant du sujet est exécutée, car c'est sur celui-ci que nous avons appliqué la cryothérapie. L'échantillon étudié est composé de 10 patients avec le pied gauche dominant et 20 patients avec le pied droit dominant. La normalité de l'échantillon n'est plus acceptée, nous utilisons donc la loi pour une variable quantitative avec deux groupes appariés mais qui ne suit pas une loi normale : la loi de Wilcoxon. Elle est effectuée pour :

- ✓ X moyen pour pied gauche dominant les yeux ouverts et yeux fermés
- ✓ X moyen pour pied droit dominant les yeux ouverts et yeux fermés.

La différence significative est considérée pour un petit $p \geq 0,05$. La tendance significative se situe entre un petit $p \geq 0,1$ et $\leq 0,05$

5.2. Présentation des résultats :

Les résultats statistiquement significatifs sont indiqués : **en rouge**.

Les résultats à tendance significative : **en vert**.

Les critères qui semblent cliniquement être modifiés par la technique : **en bleu**.

Moyenne des normes 85 **en violet**.

AVC = avant cryothérapie

APC = après cryothérapie

Tableau II : résultats les yeux ouverts

	Moyenne AVC	Moyenne normes 85	Ecart type AVC	Moyenne APC	Ecart type APC	Test de Student p
Surface (mm ²)	136,9311	59,26	59,91649	139,4905	77,753518	0,789271
X moyen (mm)	-0,25883	-0,04	5,500920	-0,328666	5,8979939	0,932594
Y moyen (mm)	-41,3980	-33,84	14,92931	-43,60113	16,08938	0,970081
Longueur (mm)	217,7138	257,29	47,81795	212,49	54,137685	0,346205

	Moyenne avant cryothérapie	Ecart type avant cryothérapie	Moyenne après cryothérapie	Ecart type après cryothérapie	Test de Wilcoxon p
X moyen (mm) pied G	1,17	6,2835428	-1,729	6,0801100	0.1601562
X moyen (mm) pied D	-0,97325	5,0864829	0,3715	5,8340200	0.0695800 7

Tableau III : résultats les yeux fermés

	Moyenne AVC	Moyenne normes 85	Ecart type AVC	Moyenne APC	Ecart type APC	Test de Student p
Surface (mm ²)	195,837666	120,80	110,4415	173,3978	101,6312	0,16249245
X moyen (mm)	0,17666666	-0,26	6,196965	0,258333	7,014021	0,65593042
Y moyen (mm)	45,1246978	-31,42	15,93675	44,51032	16,00800	0,49994495
Longueur (mm)	309,553333	422,40	103,7412	281,7208	281,7208	0,03335746

	Moyenne AVC	Ecart type AVC	Moyenne APC	Ecart type APC	Test de Wilcoxon p
X moyen (mm) pied G	2,105	6,91122276	-1,092	7,36442017	0.16015625
X moyen (mm) pied D	-0,7875	5,7491742	0,1585	6,98931931	0.388376235961

Le seul résultat statistiquement significatif est la longueur les yeux fermés. La différence des 2 moyennes avant/après est de moins 20mm.

Il n'y a pas de résultats significatifs pour les critères : surface, X moyen et Y moyen. De manière générale, de grands écarts-types sont observés, les valeurs pour et entre chaque patient varient de façon importante.

Pour chaque critère, nous concédons des différences de quelques millimètres entre les moyennes avant et après cryothérapie. Aucune corrélation des résultats les yeux fermés et ouverts n'est à observer. Par exemple le critère surface augmente de 3mm yeux ouverts, et diminue de 22 mm les yeux fermés (**tab. II et III**).

L'analyse des valeurs du X moyen est aussi effectuée en fonction de la latéralité. Pour le pied gauche dominant, le critère X moyen passe d'une valeur positive à une valeur négative, et inversement pour le pied droit (**fig.12 et 13**).

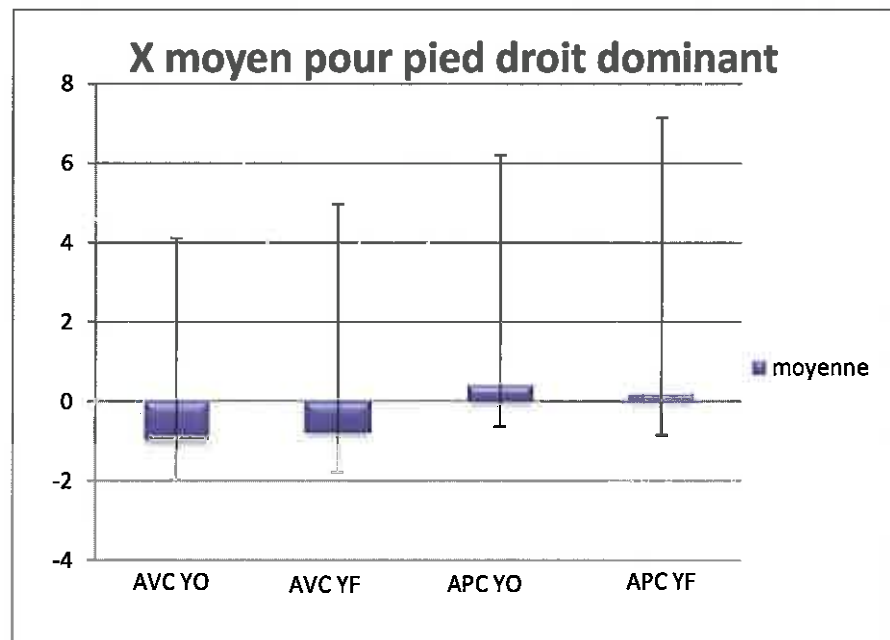


Figure 12 : Histogramme des X moyen pour le pied droit dominant

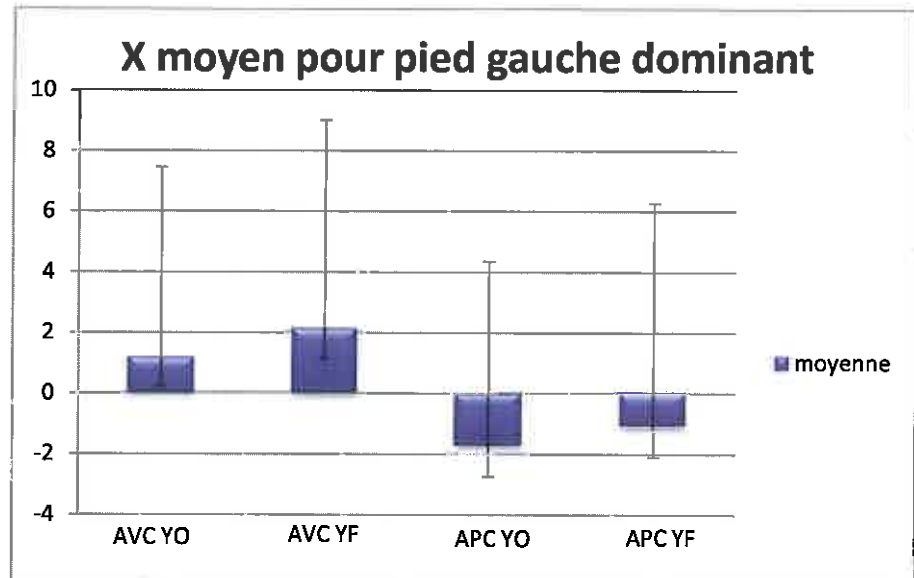


Figure 13 : Histogramme des X moyen pour le pied gauche dominant

Le test de Wilcoxon indique des résultats à tendance significative pour les patients ayant pour pied dominant le gauche (n =10) les yeux ouverts et les yeux fermés, et droit (n = 20) pour les yeux ouverts.

Pour aller plus loin, ont été calculées les différences, en valeur absolue, entre le X moyen avant et après cryothérapie (Annexe IV) (tab. IV).

Tableau IV : différence en valeurs absolue des X moyen avant et après cryothérapie

	Différence YO PG	Différence YF PG	Différence YO PD	Différence YF PD
Moyenne	4,399	5,706	2,92275	3,8145
Ecart type	3,457735932	3,383089318	2,417398273	2,275788412

Moyenne YO	Moyenne YF
3,660875	4,76025

En moyenne, la différence les yeux ouverts est de 3,66 mm et les yeux fermés de 4,76mm. Ce sont des différences modérés, c'est pourquoi il faut rester prudent dans l'interprétation des résultats.

En conclusion, le critère X moyen en fonction de la latéralité semble être celui affecté par la technique de cryothérapie. Le patient décale son centre de pression du côté où la cryothérapie est appliquée. De manière générale, dans le cas de notre protocole, la cryothérapie ne paraît pas influencer la posture.

6. DISCUSSION

6.1. À propos de la population

Nous utilisons une population de sujets sains. Malgré la mise en place de critères d'inclusion et d'exclusion, certains caractères influencent l'équilibre des sujets (**tab. V**). La pratique d'un sport de façon régulière, notamment les sports de combats ou la danse améliorent la stabilité des sujets (38). Dans notre échantillon, la pratique sportive des sujets varie de 0 heure par semaine, à 16h par semaine. Cette hétérogénéité peut expliquer la variation des critères qui sont déjà observés avant l'application de froid sur la cheville.

Tableau V : les différents critères de la population

	Pied droit = 1 Pied gauche = 0	Homme =1 Femme = 0				
	Pied dominant	Sexe	Pointure	Taille	Age	Poids
Minimum	0	0	38	1,54	19	50
Maximum	1	1	46	1,92	30	94
Moyenne	0,66	0,5	41,06	1,73	21,53	68,96
Médiane	1	0,5	41	1,715	21	68

Nous éliminons les sujets chez qui, pendant l'expérimentation, le protocole a été interrompu par un évènement extérieur (porte de la salle d'examen ouverte,

bruits...). Nous nous assurons que l'application de cryothérapie n'entraîne pas de sensation de brûlure.

Qualitativement, le protocole est bien supporté par les sujets. Chaque sujet décrit son ressenti sur l'expérimentation. Aucun ne ressent de douleur (EVA = 0). Certains se sentent plus stables après cryothérapie car plus concentrés sur la prise de mesure, pour d'autres, la cheville leur paraît plus « raide ». Un des effets de la cryothérapie est la modification du tissu conjonctif et du collagène ce qui peut entraîner cette sensation de raideur. D'autres évoquent l'habitué à l'exercice demandé. Les sujets restants ne se prononcent pas sur leur sensation d'équilibre.

Pour finir, l'échantillon se compose d'étudiants futurs kinésithérapeutes. Leur connaissance sur le sujet peut provoquer un biais, bien que nous prenions soin de ne pas dévoiler l'hypothèse de notre étude.

6.2. À propos du protocole de cryothérapie

Le choix du protocole de cryothérapie a été établi par l'étude de la littérature et les recommandations de la HAS sur l'entorse externe de cheville. Toutefois, ce texte date de 2000, il ne prend donc pas en compte les nouvelles techniques de cryothérapie qui évoluent depuis plusieurs années comme la cryothérapie gazeuse pulsée à base température et la cryothérapie corps entier.

Le temps d'application de la cryothérapie est de 20 minutes, mais le refroidissement de la peau dépend de plusieurs critères (cf. 2.2.1.2). Ebral and al. démontrent qu'une application de glace pendant 10 minutes, suivi d'un retrait de 10 minutes et d'une seconde application du même temps est plus efficace que 20 minutes de refroidissement en continu (39).

Pour chaque sujet, le temps de glaçage est le même. Nous aurions pu choisir un autre critère que le temps d'application. La prise de température cutanée nous aurait assurée de la diminution homogène de température quelque soit le sujet. En effet, nous aurions pu choisir d'atteindre une température cutanée inférieure à 15°C,

nécessaire à l'analgésie (cf. 4.3.3.) sans nous soucier de la durée de la cryothérapie. De plus, les effets du réchauffement de la zone sur la posture auraient pu être étudiés, en réalisant des mesures après 10, 20 ou 30 minutes. Les comparer aux mesures avant cryothérapie, aurait permis de voir comment les résultats posturographiques évoluaient.

6.3. À propos du protocole de posturographie

Les mesures posturographiques sont accomplies de la façon la plus reproductible possible. Certains biais sont tout de même présents. Toutes les données sont saisies le matin, entre 8 heures et 12 heures. Les patients de fin de matinée peuvent être en moins bonne forme que ceux qui réalisent les mesures au début. De plus, 12 évaluations en tout sont prises par patient, ce qui entraîne également une fatigue. Les normes 85 conseillent d'utiliser une cabine faite de parois d'un tissu de couleur neutre, que nous n'utilisons pas ici, faute de matériel. Les conditions visuelles ne sont donc pas totalement respectées (40).

Nous avons choisi de réaliser une prise de mesure de 25,6 secondes, pour que le protocole ne soit pas trop long et diminuer la fatigue des patients. Une saisie de 51,2 secondes aurait peut-être changé les résultats mais toutefois augmenté la variabilité des résultats due à la fatigue.

Dans notre protocole, la mesure posturographique se réalise en position bipodale et statique. Les normes 85 sont décrites uniquement pour des mesures statiques. Toutefois, un protocole dynamique pourrait révéler des déséquilibres de manière plus évidente qu'un protocole statique. Le protocole bipodal choisi permet une simplicité dans l'interprétation des résultats. De plus, Wikstrom and al. démontrent que, dans une entorse de cheville, le membre controlatéral à la lésion est aussi touché par la détérioration de l'équilibre (41). Les mesures en appui unipodal pourraient mettre en évidence des variations de position du centre de pression de façon plus probante.

La possibilité d'utiliser d'autres techniques pour évaluer l'équilibre est envisageable. Le « star excursion balance test », qui a une bonne reproductibilité inter et intra-évaluateur, est une alternative clinique à l'utilisation de la posturographie dans le cadre de notre étude (42) (**Annexe III**). En effet, l'évaluation de l'instabilité peut se réaliser cliniquement, car elle ne demande pas de matériel ou de formation spécifique, contrairement à la posturographie.

6.4. À propos des résultats

Les données n'expriment pas de résultats statistiquement significatifs. Le nombre faible de sujets ($n = 30$) peut expliquer ces conclusions. De plus, dans le cas de l'analyse des X moyen, nous faisons le choix de séparer les patients selon le critère pied gauche/ pied droit dominant, ce qui revient à $n = 10$ pour pied gauche dominant et $n = 20$ pour pied droit. Un échantillon plus important aurait pu révéler de plus grandes différences.

Les résultats posturographiques sont très hétérogènes pour chaque patient. Par exemple, la plus petite surface les yeux ouverts avant cryothérapie est de 53,84mm; la plus grande pour la même mesure est de 312,18mm. Soit une différence de 258,34mm entre 2 patients pour le même critère. Les écarts-types observés sont également importants. La posturographie est un instrument très sensible, d'où la difficulté d'interprétation des résultats dans notre étude.

Le seul critère modifié à tendance significative est X moyen. Les sujets décalent leur centre de pression vers le pied dominant ayant subi la cryothérapie. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que la cryothérapie diminue la vitesse de conduction nerveuse (43). Pour compenser ce changement d'afférences proprioceptives, le système d'équilibration pourrait engendrer cette réaction.

Bien que la modification du critère X moyen par la cryothérapie nous donne un résultat à tendance statistiquement significative, ce résultat ne paraît pas cliniquement signifiant. Il faut rester prudent dans nos interprétations, dues aux moyennes et aux écarts-types importants.

7. CONCLUSION

Dans le cadre de notre expérimentation, l'application de cryothérapie sur la cheville des sujets sains provoque quelques modifications des résultats. Seul le plan frontal semble modifié, les autres résultats posturographiques ne sont pas changés de façon statistiquement significative. Le critère X moyen en fonction du pied dominant semble subir un déplacement du centre de pression vers le membre sur lequel la cryothérapie a été appliquée. C'est le cas, avec des résultats à tendance significative, les yeux ouverts pour le pied droit et le pied gauche, et les yeux fermés pour le pied gauche. Nous pouvons en conclure que l'application de glace dans un linge humide pendant 20 minutes a un effet sur le critère X moyen. Cependant, la différence observée est de 0,5 cm en moyenne. Cet écart est-il cliniquement pertinent ?

La cryothérapie semble pouvoir être utilisée chez les patients sains, sans grand risque d'altérer la posture. Toutefois, dans le cas d'une entorse de cheville, le décalage du centre de pression, par l'application de froid, peut-il aggraver un déséquilibre, déjà engendré par les conséquences de cette affection ? Un protocole, en unipodal et, sur des sujets présentant cette pathologie, nous aiderait à répondre à cette question.

La posturographie est une technique de bilan qui se base sur des résultats quantitatifs, objectifs, et reproductibles. Un avantage dans le cadre de notre protocole qui cherche à imiter les mêmes conditions d'évaluation pour chaque patient. L'utilisation des plateformes stabilométriques n'est malheureusement pas très répandue en rééducation, nécessitant un matériel coûteux ainsi qu'une formation spécifique. C'est pourquoi une évaluation clinique compléterait nos résultats. Nous apporterions ainsi de plus amples informations sur les sensations et le ressenti des patients, sur la stabilité de leurs appuis et leurs équilibres. Cette évaluation serait facilement réalisable en kinésithérapie libérale.

Il faut donc poursuivre cette expérimentation par une évaluation clinique et fonctionnelle, afin de pouvoir mettre en relation les résultats, et les comparer.

BIBLIOGRAPHIE

1. BONNEMET F. Les entorses de la cheville. Faculté de médecine de Strasbourg; 2004.
2. BOUYSSSET M. Pathologie ostéo-articulaire du pied et de la cheville : Approche médico-chirurgicale. Springer Science & Business Media; 2004. 588 p.
3. POPE M, CHINN L, MULLINEAUX D, MCKEON PO, DREWES L, HERTEL J. Spatial postural control alterations with chronic ankle instability. *Gait Posture*. juin 2011;34(2):154-8.
4. HOPPER D, WHITTINGTON D, DAVIES J, CHARTIER JD. Does ice immersion influence ankle joint position sense? *Physiother Res Int J Res Clin Phys Ther*. 1997;2(4):223-36.
5. BRAGARD D, BEBLOEM D. Effets de la cryothérapie sur l'équilibre et la posture [Internet]. eurokine. [cité 25 sept 2014]. Disponible sur: <http://www.eurokine.be>
6. PELLISIER J, BRUN V, ENJALBERT M, éditeurs. Posture, équilibration et médecine de rééducation. Paris, France; 1993. 260-290 p.
7. PERENNOU D. Physiologie et physiopathologie du contrôle postural. *Lett Médecine Phys Réadapt*. 1 sept 2012;28(3):120-32.
8. LORD S. Visual risk factor for fall in older people. *Age and Ageing*. 2006;35(2):4.
9. HARRY K, LEE M. Comparison of balance in older people with and without visual impairment. *Age Ageing*. 2003;32:7.
10. TOMOMITSU M, ALONSO AC, MORIMOTO E, BOBBIO T, GREVE J. Static and dynamic postural control in low-vision and normal-vision adults. *Clinics*. avr 2013;68(4):517-21.
11. GAGEY P-M, WEBER B. Entrées du système postural fin. Masson; 1995. 149 p.
12. SOCIETE INTERNATIONALE DE REABILITATION VESTIBULAIRE. Equilibration : système de l'équilibre, systèmes récepteurs et effecteurs [Internet]. [cité 9 oct 2014]. Disponible sur: <http://www.vestib.org/equilibration.html>
13. WEBER B, VILLENEUVE P. Posturologie clinique. Tonus, posture et attitudes. Elsevier Masson; 2011. 325 p.
14. LAMY JC. Bases neurophysiologiques de la proprioception. *Kiné scientifique*. déc 2006;472:15-23.

15. NICOLAS G, MARCHAND-PAUVERT V, GUINNENEUC-JOVYVAUX C, PIERROT-DESEILLIGNY E. Perception of non-voluntary brief contractions in normal subjects and in a deafferented patient. *Exp Brain Res.* 2005;161(2):166-79.
16. BOREL L, LACOUR M. Contrôle postural et représentations spatiales: De la Neurobiologie à la Clinique. Groupe de Boeck; 2008. 360 p.
17. HAUTE AUTORITE DE SANTE. Analyse de la posture statique et/ou dynamique sur plateforme de force (posturographie) statokinésigraphie informatisé. 2007.
18. LACOUR M. Efficience et déficiences du contrôle postural. SOLAL. 2008. 288 p.
19. SAVET P. Manuel d'utilisation des logiciels d'évaluation des activités posturo-cinétiques. SATEL; 2011.
20. ASSOCIATION FRANCAISE DE POSTUROLOGIE. Normes 85. AFP Paris; 1985.
21. QUESNOT A, CHANUSSOT J, CORBEI I. La cryothérapie en rééducation revue de la littérature. 2001;(412):39-48.
22. PRENTICE W, MCGRAW H. Therapeutic modalities in Rehabilitation. 2011.
23. KNIGHT KL. Therapeutic Modalities: The Art and Science. Lippincott Williams & Wilkins; 2012. 499 p.
24. HOCUTT JE, JAFFE R, RYLANDER CR, BEEBE JK. Cryotherapy in ankle sprains. *Am J Sports Med.* 9 janv 1982;10(5):316-9.
25. SLOAN J. Clinical benefits of early cold therapy in accident and emergency following ankle sprain. *ArchEmergMed.* 1989;1(6):1-6.
26. CARAVEC F. Effets comparés du drainage lymphatique manuel et de la cryothérapie après arthroplastie prothétique du genou. 2012;(535):17-23.
27. COTE DJ, PRENTICE E, HOOKER DN, SHIELDS EW. Comparison of three treatment procedures for minimizing ankle sprain swelling. *Phys ther.* 1998;(68):1072-6.
28. KOWAL MA. Review of physiological effects of cryotherapy. *JOSPT.* 1983;5(2):66-73.
29. HAUTE AUTORITE DE SANTE. Rééducation de l'entorse externe de la cheville, texte de recommandations. 2000.
30. GAGEY PM, BIZZO G, OUAKINE M, WEBER B. Deux modèles mécaniques de stabilisation posturale la tactique du centre de gravité et la tactique du centre de

pression [Internet]. Association pour le développement et l'application de la posturologie. 2002 [cité 22 nov 2014]. Disponible sur: <http://ada-posturologie.fr/TactiqueDuPied.htm>

31. GRATHWOHL S, MONVERT A, PICHONNAZ C. Evaluation du traitement préventif de l'entorse de cheville avec le dispositif de proprioception myolux[®] chez le handballeur amateur. *Kiné scientifique*. janv 2008;(484):19-31.
32. FU, HUI-CHAN CWY. Ankle joint proprioception and postural control in basketball players with bilateral ankle sprains. *Am J Sports Med*. août 2005;33(8):1174-82.
33. BELITSKY RB, ODAM SJ, HUBLEY-KOZEY C. Evaluation of the effectiveness of wet ice, dry ice, and cryogen packs in reducing skin temperature. 1987 [cité 18 août 2014]; Disponible sur: <http://www.reedoc-irr.fr/Record.htm?idlist=58&record=19123378124919415509>
34. WALDEN M, HÄGGLUNG M, EKSTRAND J. Evolution et situation des blessures à la cheville chez les footballeurs professionnels: suivi des blessures pendant 11 ans lors de l'UEFA Champions League. 2012.
35. FEUERBACH J, GRABINER MD. Effect of the Aircast on unilateral postural control: amplitude and frequency variables. *J Orthop Sport Phys Ther*. 1993;17(3):149-54.
36. CHUENG RTH, SMITH AW, WONG DP. H:Q Ratios and Bilateral Leg Strength in College Field and Court Sports Players. *J Hum Kinet*. 4 juill 2012;33:63-71.
37. HOFFMAN M, SCHRADER J, APPLGATE T, KOCEJA D. Unilateral Postural Control of the Functionally Dominant and Nondominant Extremities of Healthy Subjects. *J Athl Train*. 1998;33(4):319-22.
38. PERROT C. Evaluation par la posturographie statique et dynamique des afférences sensorielles et du contrôle moteur de l'équilibration chez le judoka. [Nancy]: Université Henri Poincaré Nancy I; 1999.
39. EBRALL P, BALES G, FROST B. An improved clinical protocol for ankle cryotherapy. *J Man Med*. 1992;6(16):161-6.
40. ASSOCIATION POUR LE DEVELOPPEMENT ET L'APPLICATION DE LA POSTUROLOGIE. Normes des paramètres stabilométriques: directives 2013. 2013;10.
41. WIKSTROM EA, NAIK S, LODHA N, CAURAGH JH. Bilateral balance impairments after lateral ankle trauma: a systematic review and meta-analysis. *Gait Posture*. avr 2010;31(4):407-14.

42. BRUYNEEL A-V. Réflexion sur les tests d'évaluation clinique de la proprioception à partir d'une revue de la littérature. *Kinésithérapie Rev.* nov 2013;13(143):36-44.
43. DHAVALIKAR M, NARKEESH A, GUPTA N. Effect of skin temperature on nerve conduction velocity and reliability of temperature correction formula in indian females. *J Exerc Sci Physiother.* 2009;5(1):24-9.
44. PLYSKI P, RAUH M, KAMINSKI T. Star Excursion Balance Test as a Predictor of Lower Extremity Injury in High School Basketball Players. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1 déc 2006;36(12):911-9.

ANNEXES

- **Annexe I** : Grade des recommandations de la HAS
- **Annexe II** : Fiche patient et fiche de consentement éclairé
- **Annexe III** : Star excursion balance test
- **Annexe IV** : Graphiques statistiques

Annexe I :

Grade des recommandations de l'HAS

Tableau . Grade des recommandations.

Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature (études thérapeutiques)	Grade des recommandations
Niveau 1	A
- Essais comparatifs randomisés de forte puissance	Preuve scientifique établie
- Méta-analyse d'essais comparatifs randomisés	
- Analyse de décision basée sur des études bien menées	
Niveau 2	B
- Essais comparatifs randomisés de faible puissance	Présomption scientifique
- Études comparatives non randomisées bien menées	
- Études de cohorte	
Niveau 3	C
- Études cas-témoins	
Niveau 4	Faible niveau de preuve
- Études comparatives comportant des biais importants	
- Études rétrospectives	
- Séries de cas	

Annexe II :**Fiche patient et consentement éclairé**

<u>Date :</u>	<u>Heure :</u>
<u>Nom :</u>	<u>Prénom :</u>
<u>Sexe :</u>	<u>Date de naissance :</u>
<u>Taille :</u>	<u>Poids :</u>
<u>Pied d'appui :</u>	<u>Loisirs/sports :</u>
<u>Pointure :</u>	<u>Problème de vue : (si oui précisez) :</u>
<u>Problème vestibulaire (si oui précisez) :</u>	<u>Problème dentaire (si oui précisez) :</u>
<u>Traitement médical :</u>	<u>Prise de tabac/ boisson excitante avant l'expérimentation :</u>
<u>Traumatisme(s) récent (moins d'un an) :</u>	

**Evaluation de la posture sur plateforme stabilométrique chez des sujets sains
avant et après application de cryothérapie sur la cheville**

Formulaire d'information

Madame, Mademoiselle, Monsieur

La cryothérapie, ou application de froid est largement répandue dans le monde de la rééducation et dans le cadre de la traumatologie. C'est pourquoi il est important de connaître ses effets sur le corps.

L'objet de cette étude est de connaître l'effet de la cryothérapie sur la posture. Elle est définie comme l'ensemble des mécanismes qui concourent au maintien de la station debout de l'homme. La régulation de la posture a de nombreuses origines : l'oreille interne (vestibule), les informations visuelles, mais aussi la proprioception qu'elle soit au niveau musculaire articulaire tendineux ou ligamentaire. La cheville est à la fois sujette à de nombreux traumatismes et une zone privilégiée pour l'étude de la proprioception; Il s'agit donc d'analyser l'impact sur la posture, de l'application de froid sur cette articulation.

Le protocole exige de vous de rester debout immobile les deux pieds au sol, yeux ouverts puis yeux fermés sur une plateforme. Celle-ci enregistre des informations sur votre posture et votre équilibre. L'application de froid sur la cheville de votre membre dominant suivra. Une autre batterie de tests identiques aux premiers sera réalisée. L'analyse de ces deux séries nous fournira des informations utiles à la résolution de notre problématique.

Votre participation à ce mémoire est librement consentie. Il est possible pour vous de quitter cette expérimentation à tout moment, sans préjudice. Les données et informations recueillies resteront strictement confidentielles, et anonymes.

En vous remerciant d'avance pour votre participation à ce travail

Formulaire de consentement éclairé

Je, soussigné(e), M, Mme, Mellené(e) le

Déclare avoir reçu oralement et par écrit toutes les informations nécessaires précisant les modalités de déroulement de cette étude.

J'ai eu la possibilité de poser toutes les questions qui me paraissent utiles pour la bonne compréhension de la note d'information et de recevoir des réponses claires et précises.

J'ai disposé d'un délai de réflexion suffisant avant de prendre ma décision.

J'accepte librement et volontairement de participer à cette recherche dans les conditions ci-dessus, sachant que je suis libre de refuser sans que cela ait de conséquence.

Je suis conscient que je peux arrêter à tout moment ma participation à cette recherche sans supporter aucune responsabilité.

Je donne mon accord pour participer à cette étude dans les conditions ci-dessous.

⇒ Cet accord ne décharge en rien les organisateurs de l'étude de leur responsabilité.

⇒ Toutes les données et informations qui me concernent resteront strictement confidentielles.

⇒ Je pourrai à tout moment demander toute information complémentaire aux organisateurs de l'étude.

Fait à, le

Signature de l'investigateur

Signature du

Volontaire

précédée de la mention lu et approuvé

Annexe III :

Star Excursion Balance Test

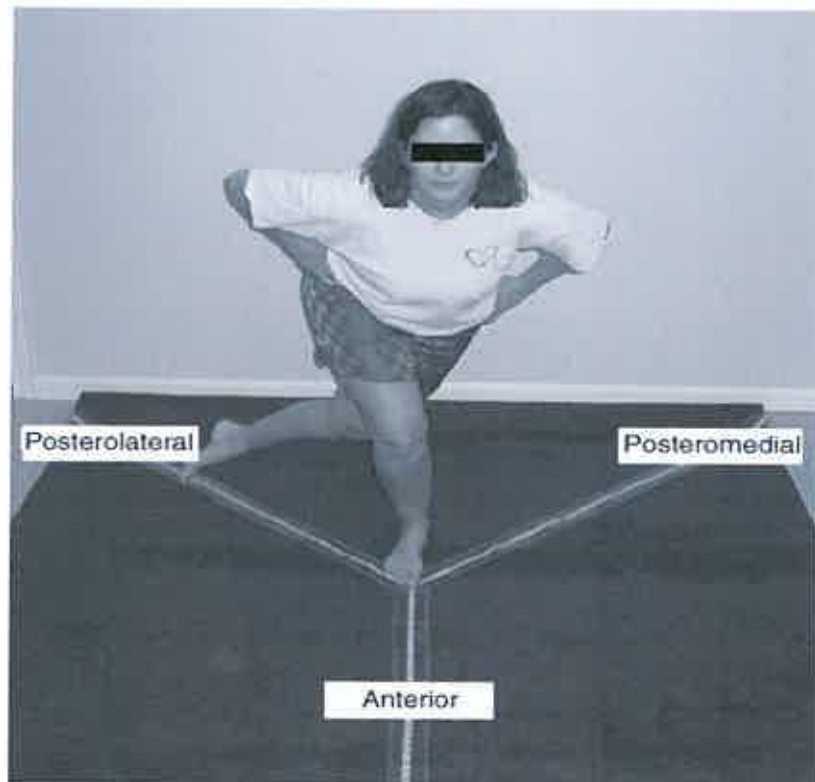


FIGURE 1. Star Excursion Balance Test with reach directions labeled in reference to right stance foot.

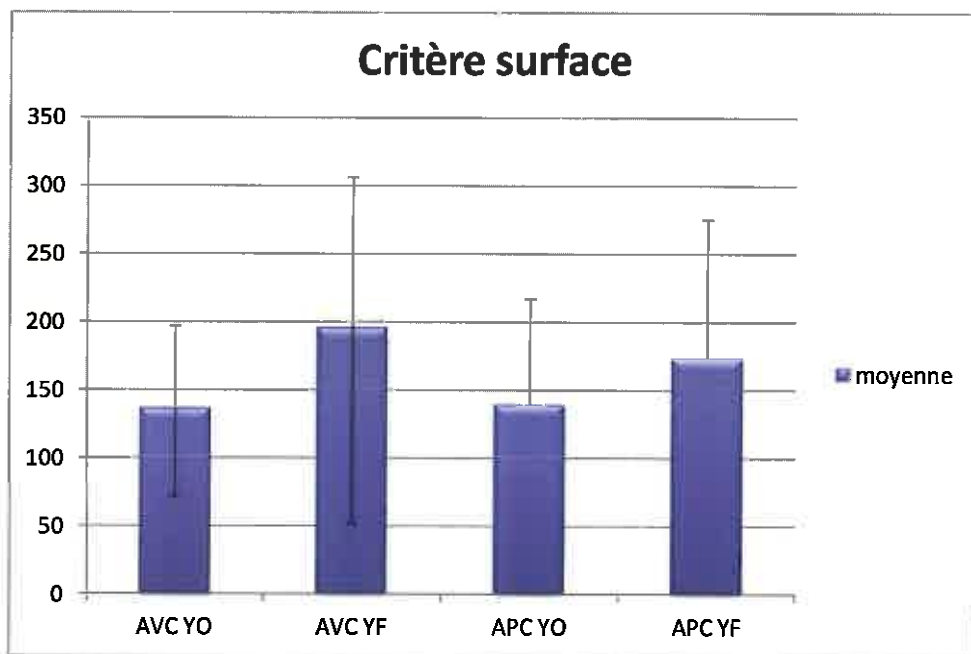
Image tirée de l'article "Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in High School Basketball players"

Description du test :

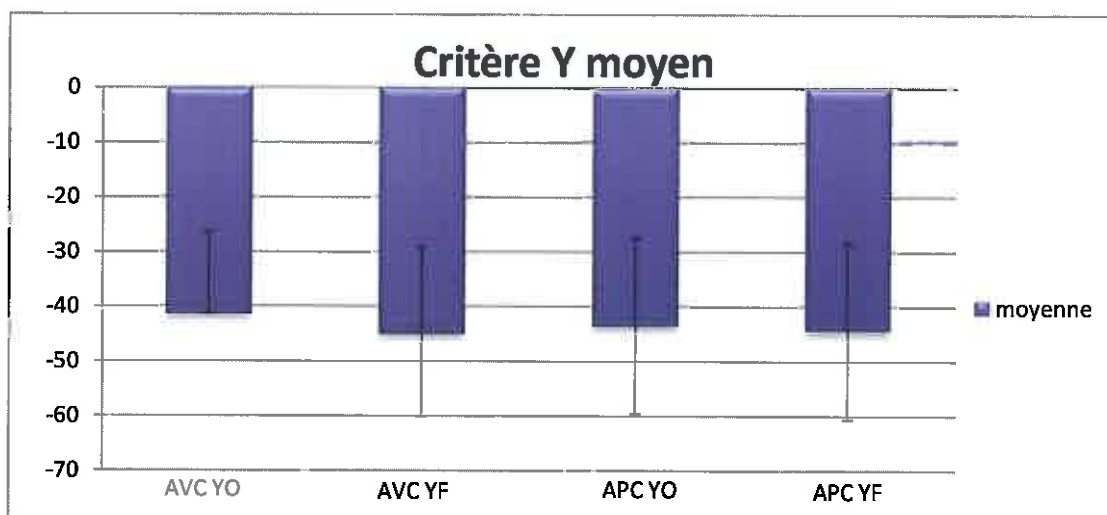
Le patient est installé au centre d'une forme tracé sur le sol comme sur l'image ci-dessus, en appui unipodal avec la partie la plus distale du gros orteil placée au commencement de la ligne. Le patient doit aller chercher l'extrémité des lignes antérieure, postéro-médiale, et postéro-latérale avec le pied qui n'est pas en appui, sans perdre l'équilibre, ou repasser en appui bipodal. L'étude de Plisky and all (44) montre que « certains éléments du Star excursion Balance Test sont des mesures reproductibles et fiables pour prévoir les blessures de l'extrémité du membre inférieur

Annexe IV :

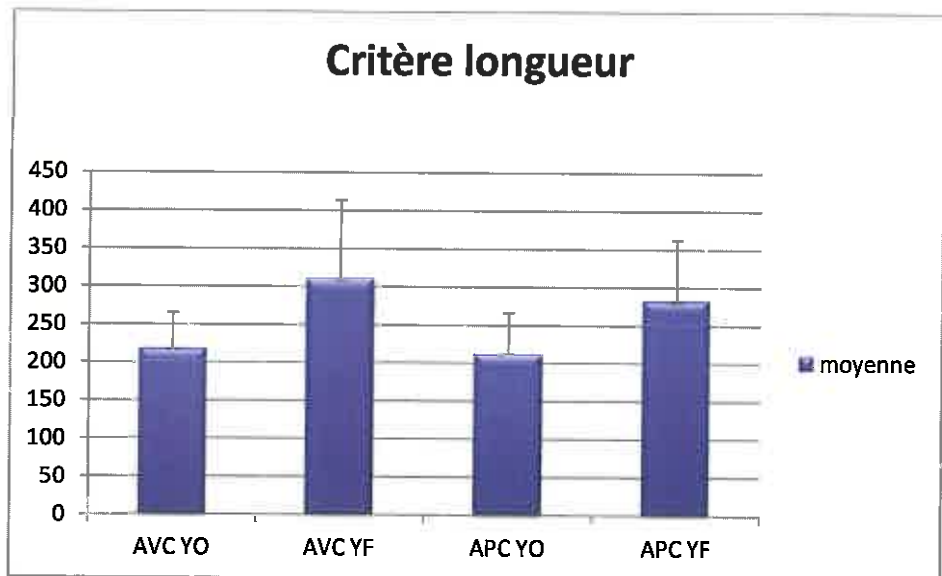
Graphiques statistiques



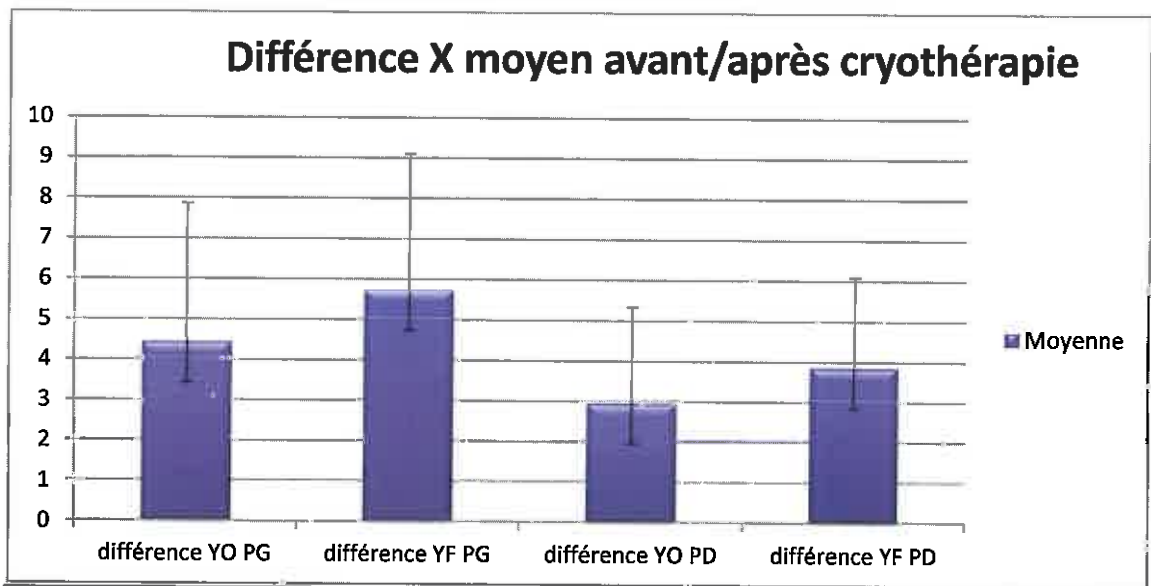
Graphique pour le critère surface



Graphique pour le critère Y moyen



Graphique pour le critère longueur



Graphique des différences en valeur absolue obtenues avant et après cryothérapie pour le critère X moyen