

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

EVALUATION
DE L'INFLUENCE ANTALGIQUE D'UNE
APPLICATION CRYOTHERAPIQUE
AVANT MOBILISATION

Rapport de travail écrit personnel
présenté par Anne-Laure VOGEL
étudiante en 3^{ème} année de kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat
de Masseur-Kinésithérapeute
2005-2006

SOMMAIRE

Page

RESUME

1. INTRODUCTION.....	1
2. LA CRIOTHERAPIE.....	4
2.1. Les modes de refroidissement des tissus.....	4
2.2. Les mécanismes physiologiques relatifs à une application de froid.....	5
2.2.1. Les effets vasomoteurs.....	5
2.2.2. L'influence sur les systèmes nerveux central et périphériques.....	7
2.2.3. L'influence sur l'extensibilité des tissus fibreux.....	7
2.3. L'effet antalgique produit.....	7
2.3.1. La théorie de la porte.....	7
2.3.2. Le contrôle descendant de la douleur.....	8
2.3.3. Le ralentissement de la conduction nerveuse.....	8
2.3.4. L'effet anti-inflammatoire.....	9
3. MATERIEL, POPULATION ET METHODE.....	10
3.1. Le Criojet Air Mini.....	10
3.1.1. Les intérêts du Criojet Air Mini.....	10
3.1.2. Les inconvénients du Criojet Air Mini.....	12
3.2. L'échelle Visuelle Analogique.....	12

3.3. Population	14
3.3.1. Description de la population.....	14
3.3.2. Les critères d'exclusion à l'étude.....	15
3.4. Le recueil de données	16
3.4.1. Les prises de mesures.....	16
3.4.2. Les réglages préalables de l'appareil.....	18
4. RESULTATS	19
5. DISCUSSION	22
5.1. L'interprétation des résultats	22
5.1.1. Les mesures prises avant mobilisation.....	22
5.1.2. Les mesures prises pendant la mobilisation.....	22
5.1.3. Les mesures prises après mobilisation.....	23
5.2. Les limites de l'étude	23
6. CONCLUSIONS	25

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

1. INTRODUCTION

Depuis toujours le froid est réputé pour ses propriétés antalgiques, anti-inflammatoires et de résorption des hématomes et œdèmes. Son utilisation est un geste simple et courant, tant dans la vie quotidienne que dans les salles de rééducation où elle prend alors le nom de « cryothérapie ». De nombreuses méthodes et appareils de cryothérapie sont à disposition des thérapeutes : des plus élémentaires comme les vessies de glace aux plus sophistiqués comme les dispositifs à jet (ANNEXE I) (4).

Pouvons nous réduire, de manière significative, l'intensité douloureuse perçue au cours d'une mobilisation passive en précédant celle-ci d'une application cryothérapie ? Pour cette étude, nous nous proposons d'évaluer l'influence antalgique d'une application cryothérapie au cours de la mobilisation passive à partir du Criojet Air Mini, un appareil à jet d'air froid.

En guise de préambule, nous rappellerons quelques notions anatomiques et physiologiques concernant les voies de la douleur, de la genèse du message nociceptif à son devenir supra-médullaire.

Le message nociceptif est créé à partir d'un stimulus dont l'origine peut être mécanique, thermique, électrique ou biochimique (17). Dans tous les cas, pour que celui-ci puisse activer le récepteur et donner naissance à un message douloureux, il est indispensable qu'il atteigne un seuil minimal d'intensité et que sa stimulation porte sur plusieurs récepteurs de façon synchrone (17).

Le stimulus active les récepteurs nociceptifs, également appelés nocicepteurs (18). Il n'existe aucune structure histologiquement individualisée qui remplisse le rôle de nocicepteurs (1,17). En réalité, ils correspondent aux terminaisons libres des fibres nerveuses de types $A\delta$ et C et constituent des arborisations enchevêtrées plexiformes dans les tissus (1,8,18).

Les récepteurs $A\delta$ sont des mécanonocicepteurs : ils ne répondent qu'à des stimulations mécaniques. Les fibres $A\delta$ sont faiblement myélinisées et sont essentiellement responsables de la transmission des informations nociceptives brèves et bien localisées comme les piqûres (1,8,18).

Les récepteurs C sont dits polymodaux. En effet, ils répondent à des stimuli de nature mécanique, thermique ou chimique. Les fibres de type C sont amyéliniques. Elles intéressent la transmission des informations nociceptives retardées, diffuses, et mal localisée (1,8).

Le message ainsi créé transite ensuite via **les fibres de type $A\delta$ et C**. Celles-ci sont caractérisées par leur petit diamètre, l'existence ou non d'une gaine de myéline et leur vitesse de conduction lente (en comparaison avec les fibres responsables de la transmission d'informations tactiles) (1,8,17,18).

Les fibres afférentes $A\delta$ et C cheminent dans la racine sensitive où elles sont accompagnées des **fibres de type $A\alpha$ et $A\beta$** . Ces dernières qui sont myélinisées, de gros diamètre et à vitesse de conduction rapide, sont responsables de la transmission des informations tactiles et kinesthésiques. Toutes ces fibres se dirigent vers la racine postérieure de la moelle épinière et pénètrent finalement par la corne postérieure (1,8,17). A son voisinage, les fibres nociceptives $A\delta$ et C se séparent des fibres tactiles $A\alpha$ et $A\beta$ (fig.1) (17, 21).

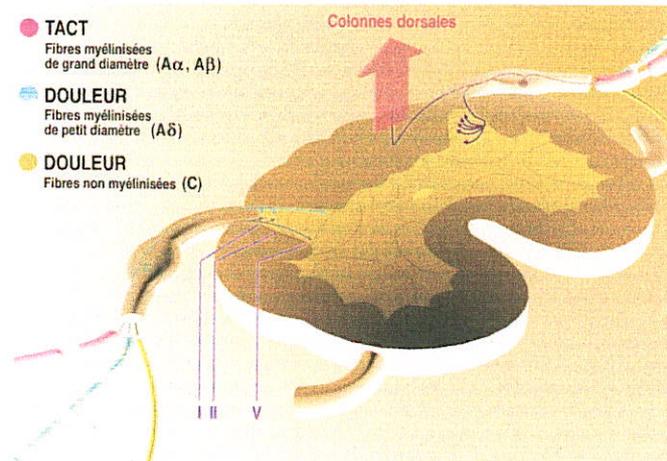


Figure 1 : Terminaison des fibres afférentes (21).

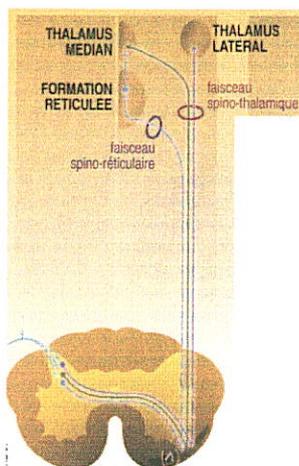


Figure 2 : Faisceaux ascendants (21).

Au niveau de la corne postérieure, une partie des axones nociceptifs fait relais avec des motoneurones de la corne antérieure qui entraînent le réflexe de flexion avec pour effet le retrait du membre de la source nociceptive. Une autre partie des axones nociceptifs fait synapse avec des neurones en direction des ganglions sympathiques et parasympathiques, entraînant les réactions végétatives qui accompagnent la sensation douloureuse. Enfin, la troisième et dernière partie transmet l'information à des neurones en direction de l'encéphale et des structures supra-médullaires (17, 21) (fig.2). Ces neurones constituent les deuxièmes neurones afférents nociceptifs. Ils croisent la ligne médiane de la moelle épinière vers la partie antérieure du cordon latéral du côté opposé. De là, ils forment le faisceau spino-thalamique qui emprunte la corne antérieure de la moelle épinière en direction du thalamus (1,8,17,18).

Au niveau du thalamus, les neurones du faisceau spino-thalamique activent les troisièmes neurones. Ceux-ci donnent à la douleur ses différents aspects (sensori-discriminatif, neuro-végétatif, émotionnel, et psycho-affectif) en se terminant à différents étages du cortex :

- au niveau du cortex frontal pour la traduction de la sensation nociceptive comme message désagréable, c'est-à-dire « douleur »,
- au niveau du cortex pariétal pour la localisation précise de la douleur,
- au niveau de l'hypothalamus pour donner l'aspect neurovégétatif à la douleur (nausées, tremblements, sueurs),
- au niveau du système limbique qui gère la composante émotionnelle et psycho-affective, transformant la « douleur » en « souffrance » (17).

Après ces quelques rappels nous présentons les principes généraux de la cryothérapie, puis le matériel et la méthode utilisées, et pour finir les résultats et conclusions de l'étude.

2. LA CRYOTHERAPIE

2.1. Les modes de refroidissement des tissus

Il est admis que les tissus peuvent se refroidir par 3 processus distincts : la conduction, la convection et l'évaporation.

La conduction est un processus physique défini comme le « transfert d'énergie par chaleur qui s'effectue sans transport de matière » (3). Elle correspond à l'application directe d'une

source cryogène sur la peau la transmission de froid s'effectuant de l'élément le plus froid vers le plus chaud (6,7).

La convection est définie comme le « transfert d'énergie par chaleur qui s'effectue par un transport de matière » (3). Elle implique une notion de mouvement, caractérisée par l'écoulement d'un fluide (air, dioxyde de carbone (CO₂)) sur une surface (la peau), entraînant le refroidissement (6,7).

L'évaporation représente « la transformation sans ébullition d'un liquide en vapeur ». Elle se réalise par la sueur (6,7). L'évaporation se traduit au niveau du corps par une déperdition de chaleur, donc un refroidissement (4).

2.2. Les mécanismes physiologiques relatifs à une application locale de froid

2.2.1. Les effets vasomoteurs

Une application de froid provoque successivement des phénomènes de vasoconstriction et de vasodilatation en cycle alternés de 2 heures environ (4,19).

La vasoconstriction se produit consécutivement et immédiatement après l'application en faisant intervenir trois types de réflexes :

- un réflexe d'axone local, le réflexe antidromique qui met en jeu les récepteurs thermiques, les axones sensitifs et des collatérales efférentes reliant le neurone sensitif et les muscles lisses de la paroi vasculaire, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un interneurone,

- un réflexe médullaire faisant intervenir les axones en direction des ganglions sympathiques et adrénérgiques qui provoquent, une fois stimulés, la contraction des muscles lisses de la paroi de vaisseaux sanguins,
- un réflexe thalamique produit par le refroidissement du sang veineux qui stimule la voie descendante activatrice de la vasoconstriction des vaisseaux sanguins cutanés (4).

Le froid a pour effet de ralentir le métabolisme cellulaire. Selon Bussièrès et Brural, ce ralentissement métabolique provoque la vasoconstriction : les besoins en oxygène des cellules sont moindres, donc l'afflux de sang nécessaire est également moins important (4). En revanche, d'autres auteurs affirment que c'est la vasoconstriction qui entraîne la diminution du métabolisme, le but étant de protéger les tissus de l'anoxie (7). Dans les deux cas la consommation en oxygène des cellules est abaissée, de même que la sécrétion de médiateurs chimiques (4,7).

Une vasodilatation fait suite à cette vasoconstriction (4,6,7). Selon Lewis, elle se produit pour un abaissement de la température cutanée passant en dessous de 10-15° C, dans le but de protéger les tissus de l'ischémie. Des études plus récentes montrent que cette vasodilatation ne se produit que dans les tissus superficiels (4). Elle n'atteint donc pas les tissus profonds, où le refroidissement est insuffisant même pour une application prolongée. Cependant, dans le cas d'une chute rapide de la température, comme suite à une application de froid au moyen d'un appareil à jet, il semble que la vasodilatation ait bien lieu même dans les tissus profonds (7).

2.2.2. L'influence sur les systèmes nerveux central et périphérique

A la suite d'une application cryothérapeutique, les récepteurs cutanés tactiles et nociceptifs deviennent moins actifs et, localement, la vitesse de conduction est ralentie (6,7,19). « T. Einsingbach et coll. ont mis en évidence qu'une chute thermique comprise entre 7 et 9°C est susceptible de bloquer la conduction algique» (7).

2.2.3. L'influence sur les capacités d'extensibilité des tissus

L'application locale de froid influence également sur les capacités d'extensibilité des tissus fibreux. En effet, lorsque la température diminue, la rigidité du collagène augmente ainsi que la viscosité de son milieu. Lors d'une mobilisation, suite à une application de froid, nous pouvons donc constater une raideur locale. Toutefois, l'analgésie produite peut rendre la mobilisation plus facile (4).

2.3. L'effet antalgique produit

2.3.1. La théorie de la porte

Les récepteurs au froid, en relation avec les fibres inhibitrices de la sensation douloureuse interviennent dans la théorie du «Gate Control» ou «Théorie de la Porte», proposée en 1965 par Melzack et Wall (4,6,10,15). L'ensemble des fibres sensitives ($A\alpha$, $A\beta$, $A\delta$ et C) pénètre dans la moelle épinière au niveau de la corne postérieure. A cet endroit, se trouve une zone particulière : la substance gélatineuse où s'effectue la transmission et le

contrôle du message douloureux et où sont localisés les neurones T. Ceux-ci sont des neurones de transmission responsables de l'envoi de l'information douloureuse vers les centres supérieurs. Les fibres nerveuses $A\alpha$ et $A\beta$, sont capables d'activer des interneurones ayant un effet inhibiteur important sur les neurones T (4,10,15). A l'inverse, les fibres nerveuses $A\delta$ et C, stimulent les neurones T. « L'équilibre entre l'activité des petites fibres et celle des grosses fibres commande donc la réponse du neurone T » (4,10,15). La « porte » est dite fermée aux signaux de la douleur lorsque l'activité des fibres nerveuses $A\alpha$ et $A\beta$ prédomine sur celle des fibres nerveuses $A\delta$ et C. Le neurone T est alors silencieux. La « porte » est dite ouverte aux signaux de la douleur lorsque l'activité des fibres nerveuses $A\delta$ et C est suffisamment importante pour que le neurone T transmette l'information douloureuse aux centres supérieurs (4,10,15).

2.3.2. Le contrôle descendant de la douleur

L'application de froid stimule la sécrétion d'endorphines. En effet, des noyaux du tronc cérébral permettent de libérer des neuromédiateurs (sérotonine, norépinéphrine) au niveau de la corne dorsale de la moelle épinière. Ces neuromédiateurs entraînent alors la libération d'opiacés (endorphines, enképhalines) qui inhibent la stimulation du neurone T (4).

2.3.3. Le ralentissement de la vitesse de conduction nerveuse

L'application locale de froid peut bloquer la transmission de l'information douloureuse en ralentissant la vitesse de conduction nerveuse des fibres $A\delta$ et C (4,6,7,19).

2.3.4. L'effet anti-inflammatoire

Le stimulus douloureux provoque la libération de déchets métaboliques algogènes, qui irritent les fibres nerveuses. Par un réflexe d'axone, ceux-ci provoquent l'apparition d'une inflammation neurogène qui libère à son tour des substances chimiques venant stimuler le nocicepteur et entretenant la réaction inflammatoire (fig.3) (21). La vasoconstriction entraîne une diminution du métabolisme cellulaire et inhibe ainsi la sécrétion de déchets métaboliques. La résorption de cette inflammation grâce à la vasoconstriction (mais aussi grâce à l'augmentation de viscosité du sang) participe donc également à la diminution du phénomène douloureux (4).

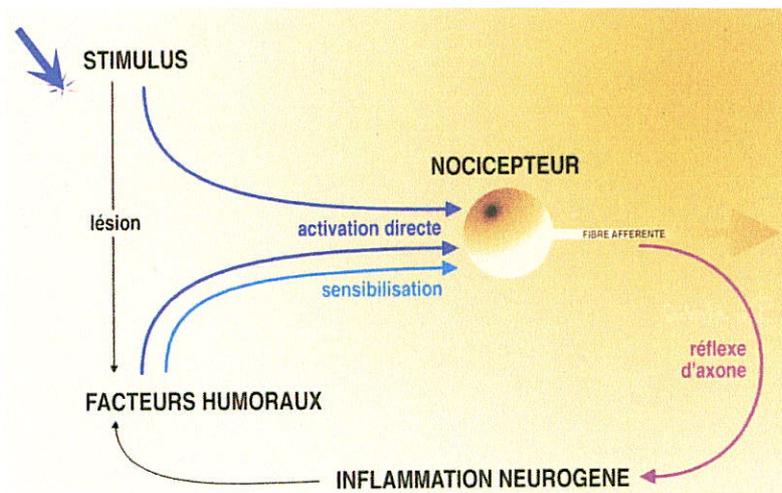


Figure 3 : Activation des nocicepteurs (21).

3. MATERIEL, POPULATION ET METHODE

3.1. Le Criojet Air Mini

Pour cette étude, nous utilisons un appareil à jet d'air froid : le Criojet Air Mini (fig.4). Cet appareil atteint une performance de froid de -32°C (23,25). Il appartient ainsi aux appareils de cryothérapie à très basse température.

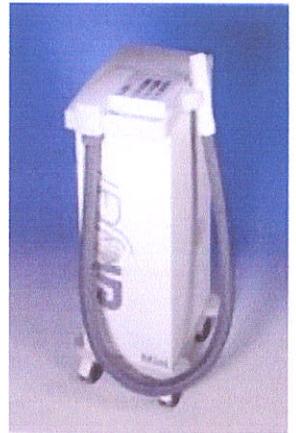


Figure 4 : Criojet Air Mini.

3.1.1. Les avantages du Criojet Air Mini

Il constitue une bonne indication thérapeutique dans le traitement de la douleur de pathologies rhumatologiques et traumatologiques intervenant dans notre étude (5,7,16,19).

Il n'entraîne pas de formation d'eau de condensation, contrairement aux enveloppements de froid. Cette eau qui se forme autour des enveloppements de froid gèle la peau et procure au patient une sensation désagréable et inconfortable (23).

Il permet un refroidissement rapide des tissus, provoquant un phénomène de choc thermique. Des travaux effectués au début des années 80 démontrent que dans le cas d'un choc thermique, les effets bénéfiques du refroidissement des tissus sont à la fois amplifiés et prolongés (4). Une étude portant sur les dispositifs à jet d'air froid montre que la température

cutanée peut chuter selon un gradient de $-2,6^{\circ}\text{C}$ par seconde pour un injecteur d'un diamètre de 10 mm, placé à 5 cm de la peau et pour une température ambiante de 20°C (fig.5) (16).

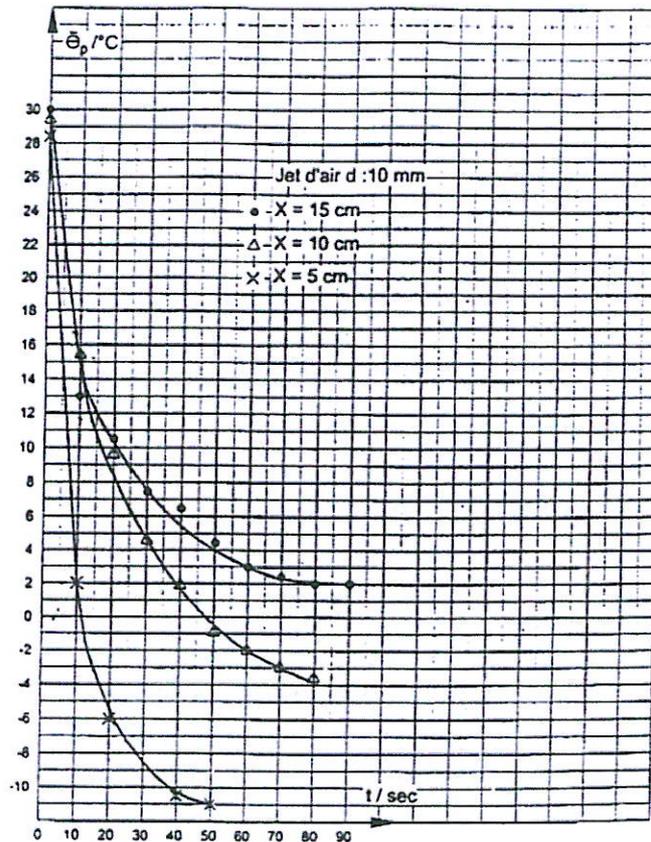


Figure 5 : Température de la peau θ_p en fonction du temps pour différentes distances opératoires X (16).

Pourtant, comme le soulignent Bussièrès et Brural, « la température et la pression du jet (d'un dispositif à air froid) sont nettement inférieures à celles des appareils à cryothérapie gazeuse (cryothérapie à jet de dioxyde de carbone (CO_2)), ce qui pourrait diminuer l'efficacité du choc thermique. Cependant aucune étude n'a encore démontré la supériorité de l'une ou l'autre des cryothérapies à très basse température » (4). Les appareils de cryothérapie gazeuse atteignent une performance de froid de -78°C (16).

3.1.2. Les inconvénients du Criojet Air Mini

Le risque de vasodilatation réactionnelle en raison du choc thermique, implique une utilisation prudente en cas d'inflammation (4,23). A l'inverse de la vasoconstriction, qui tend à diminuer les phénomènes algiques, cette vasodilatation peut les augmenter. Nous limitons donc l'application dans le temps, le constructeur recommande de ne pas dépasser 5 minutes (4,23).

L'absence de capteur thermique sur l'appareil ne permet pas de mesurer la température cutanée, contrairement aux dispositifs à jet de CO₂. Il existe donc un risque de brûlure en cas de troubles de la sensibilité.

Le coût de l'appareil, même si l'absence de consommables le rend plus économique que les dispositifs de cryothérapie gazeuse (4).

Un entretien et une maintenance contraignants : l'appareil nécessite un dégivrage quotidien (4,25) et sa mise en route nécessite 45 minutes (25).

3.2. L'Echelle Visuelle Analogique (EVA)

Différentes échelles de mesure de la douleur validées sont à disposition des thérapeutes. Parmi elles, l'Echelle Visuelle Analogique (EVA) est la méthode la plus couramment employée en rééducation (9) (fig.6). Le Secrétariat d'Etat à la Santé la recommande comme méthode de référence (5).



Figure 6 : Echelle Visuelle Analogique.

Huskisson a proposé cette méthode en 1974 pour permettre l'évaluation de la douleur chronique. Il s'agit d'une «réglette graduée dont les extrémités figurent pour l'une l'absence de douleur, pour l'autre la douleur maximale imaginable» (9). Le verso est présenté au patient : il comporte une ligne tracée en son milieu. A l'une des extrémités de cette ligne, nous lisons le terme signant l' «absence de douleur» et, à l'autre extrémité, le terme qualifiant la «douleur extrême». Le recto est visible par le soignant : une ligne graduée de 0 à 100 mm est tracée en son milieu. Le patient déplace un curseur où il pense situer l'intensité de sa douleur le long de la ligne. De son côté, le soignant peut traduire l'intensité douloureuse par une valeur numérique. Différents modèles d'EVA existent : à présentation horizontale ou verticale (2,5,9). Les 2 présentations ont une bonne corrélation tant en terme de validité que de fiabilité mais «il importe de ne pas modifier la présentation pour un même patient». Pour notre étude nous choisissons un modèle dont la présentation est horizontale et dont les termes sont «absence de douleur» et «douleur extrême» (9).

L'évaluation est réalisée par le patient, il s'agit donc d'une méthode d'auto-évaluation (5,9). Elle appartient aux échelles de mesure de la douleur dite unidimensionnelle puisqu'elle ne prend en compte que l'intensité de la douleur sans tenir compte des composantes

psychique, affective et fonctionnelle (2,9). Elle n'évalue la douleur qu'à l'instant précis où la mesure est réalisée car « elle n'a guère de valeur rétrospective et ne doit donc pas être utilisée à postériori » (9).

Pour notre étude nous devons disposer d'une mesure de l'intensité douloureuse qui soit rapide, simple, compréhensible par le plus grand nombre de patients, reproductible et fiable afin de pouvoir répéter les mesures dans un laps de temps très court. Enfin, les données doivent être immédiatement exploitables. L'EVA répond à l'ensemble de ces critères. Sa simplicité en fait un outil utilisable par un maximum de patients. Sa validité a été mise en évidence par de nombreuses études. Les réponses sont stables dans le temps ce qui permet de réaliser des mesures répétées et rapprochées. L'évaluation est faite par le patient ; la lecture de la mesure est instantanée par l'examineur et fournit une valeur numérique rendant les données immédiatement utilisables (2,9).

Il est à noter que les auteurs attribuent des limites à l'EVA, en particulier chez les personnes âgées qui ne disposent plus des capacités d'abstraction nécessaires à une bonne utilisation (9).

3.3. La population

3.3.1. Description de la population

Pour cette étude, nous sollicitons la participation des patients du Centre de Rééducation Fonctionnelle de Nancy. Le groupe comprend 11 patients âgés de 47 à 60 ans, porteurs de

pathologies d'ordre rhumatologiques et traumatologiques. L'atteinte porte pour 7 patients sur le genou, pour 3 sur l'épaule, pour 1 sur le poignet, pour 1 sur la cheville.

Remarque : 2 patients ont été retirés de l'étude pour avoir présenté une majoration des douleurs après la première séance de cryothérapie.

Le froid pénètre dans les tissus à une profondeur maximale de 2,5 cm. L'articulation traitée doit être superficielle pour permettre un refroidissement efficace. Les articulations retenues sont le genou, la cheville, le pied, l'épaule, le coude et le poignet. La hanche est une articulation exclue pour notre étude car le froid ne peut l'atteindre.

3.3.2. Les critères d'exclusion à l'étude.

Les contre-indications absolues à l'usage de la cryothérapie regroupent essentiellement des pathologies hémodynamiques et cardio-vasculaires : cryoglobulinémie, maladie de Harley (ou hémoglobinurie paroxystique), syndrome de Raynaud, insuffisance vasculaire périphérique veineuse ou lymphatique, hypertension artérielle ou augmentation de la tension artérielle par effet de vasoconstriction (4,6,7,19).

En cas de plaie ou de cicatrice, nous attendons la cicatrisation cutanée complète avant de commencer un traitement avec le Criojet Air Mini. En effet, l'air projeté par l'appareil n'étant pas stérile, il existe un risque d'infection de la plaie. De plus, la cryothérapie engendre un ralentissement du métabolisme cellulaire, son application peut donc entraîner un retard de cicatrisation par raréfaction et moindre disponibilité des nutriments (4,6,7,16).

Les troubles de la sensibilité, bien que considérés par les auteurs comme contre-indication relative, constituent un critère d'exclusion, compte tenu du risque de brûlures (4,6,7,19).

Certains patients peuvent présenter une intolérance personnelle au froid et en toute logique, nous décidons de ne pas les retenir ces patients (6,7,19).

Nous retenons également comme critère d'exclusion pour l'étude **toute modification du traitement médical à visée antalgique**, tant dans la prescription que dans l'horaire de prise, intervenu au cours de l'étude.

3.4. Le recueil de données

3.4.1. Les prises de mesures

La douleur est définie par l'Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé (ANAES) comme « une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle, ou décrite en termes évoquant une telle lésion susceptible d'affecter de façon péjorative le comportement ou le bien être du patient » (21). Il s'agit donc d'un phénomène personnel et subjectif. Pour cette raison, nous décidons de ne prendre qu'un groupe de patients auxquels nous appliquons le traitement par le froid un jour sur deux. De cette manière, nous pouvons réaliser des comparaisons pour chaque patient des mesures de l'EVA prises avec application de froid préalable et des mesures d'EVA prises

sans application de froid préalable. Nous évitons de cette manière les comparaisons inter-individuelles.

Le fait d'appliquer le froid alternativement un jour sur deux nous évite de confondre l'efficacité de ce traitement avec la diminution normale des douleurs observée au fil des jours lors d'une rééducation. De même, nous limitons le biais lié au gain régulier d'amplitude articulaire. En effet, au fil des séances d'une rééducation nous observons classiquement un gain régulier d'amplitude articulaire. Ce gain, qui est le bénéfice de la rééducation peut influencer sur l'intensité douloureuse en majorant l'étirement des structures péri-articulaires.

Pour un même patient, l'intensité douloureuse varie selon le moment de la journée. Ainsi, les douleurs peuvent être majorée le matin, du fait d'un état inflammatoire plus important. A l'inverse, le traitement antalgique médical, en particulier son horaire d'administration, peuvent diminuer sensiblement les douleurs. C'est pourquoi nous fixons, pour chaque patient, un horaire précis de la mesure.

Nous choisissons d'appliquer le protocole sur 10 séances. Au final nous disposons ainsi pour chaque patient de 5 séances réalisées avec application de froid et de 5 séances réalisées sans application de froid.

Lors de chaque séance nous réalisons 3 mesures de l'intensité de la douleur au moyen de l'EVA :

- avant application de froid et avant mobilisation
- au cours de la mobilisation

- immédiatement après mobilisation

L'ensemble de ces critères nous permet d'établir la fiche de recueil de données (ANNEXE II).

Afin de disposer de mesures reproductibles et comparables, nous décidons arbitrairement de réaliser la mobilisation sur 10 minutes. La mesure en cours de mobilisation étant effectuée au bout de 5 minutes.

3.4.2. Les réglages préalables de l'appareil

Trois paramètres sont à régler par le thérapeute sur le Criojet Air Mini :

- la puissance du flux d'air froid selon 3 niveaux,
- la durée du traitement variant de 1 à 5 minutes,
- la distance d'application entre le dispositif de jet et la peau du patient.

Le constructeur recommande de régler le niveau de puissance proportionnellement à l'intensité de la douleur:

- programme 1 : algie chronique modérée
- programme 2 : algie importante
- programme 3 : algie aiguë

Compte tenu du risque de vasodilatation réactionnelle, le constructeur recommande également de choisir une durée de traitement inversement proportionnelle à l'importance de l'inflammation. La durée de traitement retenue est comprise entre 1 et 3 minutes (23).

L'efficacité du refroidissement varie sensiblement en fonction de la distance d'application (fig.7) (16). La distance d'application recommandée se situe entre 5 et 10 cm (23,25).

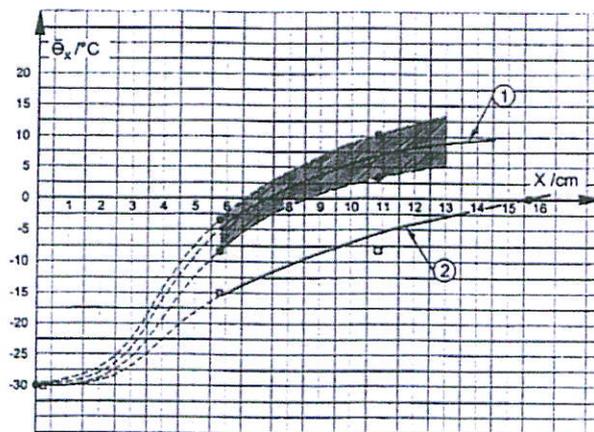


Figure 7 : Evolution des températures en fonction de la distance X à l'origine du jet (16).

Courbe 1 : température de balayage calculée et moyenne mesurée

Courbe 2 : température mini. sur l'axe

4. RESULTATS

L'analyse statistique est réalisée avec le soutien du Service d'épidémiologie clinique, CEC-INSERM, Hôpital Marin, CHU de Nancy.

Elle compare les mesures de l'EVA effectuées avant, pendant et en fin de mobilisation, selon que cette dernière a été réalisée avec ou sans application de froid préalable.

Nous présentons l'ensemble des mesures effectuées avec chaque individu de l'étude (ANNEXE III).

Les variables sont quantitatives, elles sont exprimées par leur moyenne, leur écart-type et leur étendue. Nous appelons «mesures témoins», les mesures réalisées sans application de froid préalable et «mesures tests», les mesures réalisées avec application de froid préalable (13). Pour chaque sujet, nous calculons les moyennes des 5 mesures tests et des 5 mesures témoins, à chaque temps (tab. V).

Tableau V : Moyennes calculées pour chaque patient à chaque temps.

NUMERO PATIENT	MOYENNE DES MESURES AVEC APPLICATION DE FROID			MOYENNE DES MESURES SANS APPLICATION DE FROID		
	Avant mobilisation	Pendant mobilisation	Après mobilisation	Avant mobilisation	Pendant mobilisation	Après mobilisation
1	5,58	4,64	4,38	6,42	5,16	5,60
2	6,34	4,72	4,42	5,86	4,78	4,64
3	0,00	0,30	0,00	0,00	2,04	0,00
4	1,02	2,22	2,80	0,86	3,80	2,54
5	1,10	3,46	1,94	0,94	5,10	2,14
6	1,88	1,50	1,60	0,14	1,20	0,78
7	5,86	4,64	4,30	5,84	5,92	5,24
8	2,08	2,16	1,86	1,36	2,28	1,24
9	0,20	5,68	2,14	1,10	6,82	1,52
10	4,14	2,20	1,14	3,44	2,14	2,38
11	3,88	3,32	3,36	4,02	4,50	4,40

Dans une seconde étape, nous calculons pour chaque temps la moyenne, l'écart-type et l'étendue des mesures sur l'ensemble des patients (tab.VI) (13).

Tableau VI : Variables quantitatives obtenues à chaque temps sur l'ensemble des patients.

VARIABLE	NOMBRE	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
MoyFroidA	11	2,9181818	2,3320455	0	6,34
MoyFroidP	11	3,1636364	1,6494319	0,3	5,68
MoyFroidF	11	2,4872727	1,4766522	0	4,42
MoytémoinA	11	2,7254545	2,4626992	0	6,42
MoytémoinP	11	3,9781818	1,8215258	1,2	6,82
MoytémoinF	11	2,7709091	1,9079280	0	5,6

MoyFroidA : Moyenne des mesures réalisées avant mobilisation avec application de froid

MoyFroidP : Moyenne des mesures réalisées pendant la mobilisation avec application de froid

MoyFroidF : Moyenne des mesures réalisées en fin de mobilisation avec application de froid

MoytémoinA : Moyenne des mesures réalisées avant mobilisation sans application de froid

MoytémoinP : Moyenne des mesures réalisées pendant mobilisation sans application de froid

MoytémoinF : Moyenne des mesures réalisées en fin de mobilisation sans application de froid

Pour comparer des mesures obtenues avec application froid et des mesures obtenues sans application de froid chez les mêmes individus, nous utilisons un test t de Student-Fischer (test apparié) (13). La méthode consiste à déterminer, pour chaque temps, la différence de moyennes calculées précédemment (tab.VI). Nous appliquons ensuite à ces valeurs le test t de Student-Fischer (13). Nous considérons statistiquement significatives, les valeurs de « p » inférieures ou égales à 0,05 (tab.VII) (13).

Tableau VII: Résultats du test de Student-Fischer

DIFFERENCE	NOMBRE	MOYENNE	p
MoyFroidA-MoytémoinA	11	0,1927	0,4069
MoyFroidP-MoytémoinP	11	- 0,815	0,0059
MoyfroidF-MoytémoinF	11	- 0,284	0,2262

5. DISCUSSION

5.1. L'interprétation des résultats

5.1.1. Les mesures prises avant mobilisation

La différence entre les moyennes des mesures avant mobilisation avec ou sans froid est de 0,19 ; la valeur de « p » est de 0,40. Ainsi, en ce qui concerne l'intensité de la douleur avant mobilisation et avant application de froid, le test montre qu'il n'existe pas de différence significative entre la moyenne de « mesures témoins » et la moyenne de « mesures tests ». Les « mesures tests » sont donc superposables aux « mesures témoins ».

5.1.2. Les mesures prises pendant la mobilisation

La différence entre les moyennes des mesures pendant mobilisation avec ou sans froid est de - 0,8 ; la valeur de « p » est de 0,0059. Les résultats de l'étude statistique mettent donc en évidence que pendant la mobilisation, la moyenne des « mesures tests » est inférieure à celle des « mesures témoins », et que cette différence est significative. L'application de froid avant mobilisation permet donc de diminuer l'intensité douloureuse ressentie au cours de la mobilisation.

5.1.3. Les mesures prises après mobilisation

La différence entre les moyennes des mesures après mobilisation avec ou sans froid est de - 0,28 ; la valeur de « p » est de 0,23. Le test t apparié montre donc qu'il n'existe pas de différence significative entre les « mesures tests » et les « mesures témoins » après mobilisation.

5.2. Les limites de l'étude

Un certain nombre de points relatifs au déroulement de notre étude nous imposent d'en nuancer les résultats.

Tout d'abord, l'étude que nous présentons n'est établie qu'à partir d'un **nombre restreint d'individus** : 11 patients ont participé à notre étude. Une des conséquences directement imputable est un manque de puissance des tests statistiques. En particulier, le test t de Student-Fischer appliqué à la différence des moyennes après mobilisation avec et sans application de froid fournit une valeur de « p » de 0,28. Or, ce « p » lorsqu'il est supérieur à 0,05, montre que la différence n'est pas significative. Il est possible que ce soit la conséquence d'un manque de puissance du test lié à une population trop restreinte. Par cela, l'étude présentée constitue en réalité une « pré-étude » visant à établir un nombre minimal de sujets nécessaire à l'étude statistique.

D'autre part, notre étude ne s'attache pas à évaluer l'effet antalgique d'une application cryothérapique sur une articulation particulière ou sur un seul type de pathologie. Il serait

cependant intéressant de **mettre en évidence la ou les articulations répondant le plus sensiblement aux effets bénéfiques du froid**. De même, certaines pathologies sont susceptibles de répondre de manière plus ou moins positive au traitement par le froid. La littérature montre généralement que l'efficacité du traitement par le froid est supérieure dans le cas de douleurs aiguës que dans le cas de douleurs chroniques.

Notre étude a pour objectif l'évaluation de l'influence antalgique d'une application de froid avant mobilisation. Comme l'indiquent Bussièrès et Brural, suite à une application de froid, nous observons au cours de la mobilisation, une raideur liée à l'augmentation de viscosité du milieu et la diminution de l'extensibilité de la trame collagénique. Cependant, l'effet antalgique peut rendre la mobilisation passive plus facile et permettre une plus grande amplitude articulaire (4). Ainsi, une autre manière de mettre en évidence cette efficacité pourrait être d'utiliser **une mesure angulaire comme outil d'évaluation**.

Pour des raisons de disponibilité des patients, nous n'avons pas eu la possibilité **d'évaluer et de quantifier l'existence ou non d'un effet retard**. Le constructeur de l'appareil indique que le Criojet Air Mini apporte un effet retard analgésique de 2 ou 3 heures (23,25). Néanmoins, la littérature montre que si le refroidissement des tissus est suffisamment rapide, celui-ci entraîne un phénomène de choc thermique, d'autant plus important que le patient présente dès le départ un état inflammatoire (4,16). Le choc thermique est susceptible de créer une vasodilatation réactionnelle au niveau de l'articulation risquant d'engendrer une recrudescence des douleurs (16). Il aurait donc été opportun de réaliser une mesure supplémentaire de la douleur, 2 heures après la mobilisation. L'interrogatoire du patient

concernant des douleurs recrudescentes lors de la séance suivante, nous ont permis de juger de la poursuite ou de l'arrêt des traitements.

Enfin, nous devons prendre en considération **l'importance de l'effet placebo** induit par une application de froid. Dans le cadre d'une étude traitant de l'intensité douloureuse son importance est difficilement quantifiable. Nous nous référons aux données de la littérature : les auteurs attribuent généralement une part de 30% de l'efficacité d'un traitement à l'effet placebo (12,21). Cependant, des études montrent que plus encore que le traitement lui-même, c'est la conviction avec laquelle le praticien administre le traitement qui engendre l'effet placebo (12,21).

6. CONCLUSION

Aux vues des résultats apportés par les tests statistiques et à l'issue de cette discussion, nous pouvons nous interroger, sur la place de la cryothérapie comme adjuvant antalgique préalable à la mobilisation passive.

Les tests statistiques montrent une différence significative au cours de la mobilisation, mais aucune différence après mobilisation. Les effets antalgiques, bénéfiques avant mobilisation, ne sont que transitoires, leur efficacité n'étant marquée que durant quelques minutes. La surveillance des douleurs après mobilisation reste un critère déterminant dans le choix de la poursuite ou de l'abandon de cette technique. Cependant, les résultats nous laissent entrevoir de manière positive, que la mobilisation peut être facilitée par la cryothérapie et qu'elle peut permettre un gain d'amplitude articulaire plus important.

BIBLIOGRAPHIE

1. **BESSON J.-M.** – Bases physiologique de la nociception. – BOURREAU F. – Pratique du traitement de la douleur. – PARIS : Doin Editeur, nov. 1988. – pp. 18-35.
2. **BETHOUX F., CALMELS P.** – Guide des outils de mesure et d'évaluation en médecine physique et de réadaptation.- PARIS : Edition Frison-Roche, 2003. – pp.91-118.
3. **BRAMAND P. et coll.** – Physique 1^{ère} S. – collection Durandau. – BRESCIA : Edition Hachette Education, 2001.- p. 136.
4. **BUSSIERES P., BRUAL J.** – Agents physiques en réadaptation : théorie et pratique. – PARIS : De Boeck Université, 2001.- pp. 4-277.
5. **CEREHXE F., VANHALEWYN M.** — Recommandations de bonnes pratique : la douleur chronique. – Société Scientifique de Médecine Générale, oct. 2004.
6. **CHANTRAINE A.**- Médecine physique. – PARIS : Masson, sept. 82. – p.38-41.
7. **CORBEL I., CHANUSSOT J.-C., QUESNOT A.** – La cryothérapie en rééducation : revue de la littérature. – Kinésithérapie Scientifique, nov. 2001, 416, p. 21-29.
8. **DESPOPOULOS A., SILBERNEGL S.**- Atlas de poche de physiologie. – 3^{ème} édition. - PARIS : Flammarion, fév. 2004. – pp. 318-319.
9. **ELEDJAM J., VIEL E.** - L'évaluation de la douleur postopératoire : avantages et inconvénients de l'échelle visuelle analogique. - PELISSIER J., VIEL E. – Douleur et médecine physique et de réadaptation. – PARIS : Masson, 2000. – pp.139-143.
10. **GERSH, MERYL R.** - Electrotherapy in Rehabilitation. – UNITED STATES OF AMERICA: Contemporary Perspective in Rehabilitation, 1992.- pp.32-35.

11. **HAMONET C., HEULEU J-N.** – Abrégé de rééducation fonctionnelle et de réadaptation. - PARIS : Masson, 1975. – pp.76-77.
12. **LACHAUX B., LEMOINE P.** – L’effet placebo : accessoire ou essentiel ?- Instantanés médicaux.- Encyclopédie Médico-Chirurgicale, 1991, N°2, pp. 3-5.
13. **LEGRAS B.** – Eléments de statistique à l’usage des étudiants en Médecine et en Biologie. – TOURS : Ellipse,1998. – pp.70-71.
14. **LE PETIT LAROUSSE 2003**
15. **MELZACK R., WALL P.D.** - Textbook of Pain. – EDINBURGH LONDON MELBOURNE AND NEW-YORK : Churchill Livingstone, 1984. – pp. 3-95.
16. **PARIEL J-P.** – Cryothérapie à très basses températures : approche théorique et pratique des dispositifs dynamiques à jet. – Kinésithérapie Scientifique, sept. 2003, 436, p. 31-38.
17. **REDUREAU D., SCHWOB M.** – La douleur : physiologie et physiothérapie. – PARIS : IREM, 1982. – pp. 14-35.
18. **SCHMIDT R. F.** – En bref : physiologie. – PARIS : De Boeck Université, 1999.- pp. 87-92
19. **XHARDEZ Y., et coll.** – Vade-mecum de kinésithérapie et de rééducation fonctionnelle, 5^{ème} édition. – PARIS : Maloine, mai 2004. – pp. 64-66.

POUR EN SAVOIR PLUS...

20. Bases neurophysiologiques et évaluation d’une douleur aiguë et d’une douleur chronique thérapeutiques antalgiques médicamenteuses et non médicamenteuses. – Référentiel National, Collège des Enseignants de Neurologie, août 2002.

- 21.** Cahier pédagogique de la douleur. – Groupe Algolor.
- 22.** Cryothérapie. – Criomed. SARL.
- 23.** Etude thérapeutique : criojet air. – Criomed. SARL.
- 24.** Evaluation des douleurs. – U.L.P., Faculté de médecine de Strasbourg, 2003.
- 25.** Mode d'emploi du Criojet Air Mini. – Criomed. SARL .

ANNEXE I

Tableau I : TABLEAU DES DIFFERENTES MODALITES D'APPLICATION DES

SOURCES CRYOGENES (7)

Sources cryogènes	Modalités d'application	Avantages	Inconvénients	Température cutanée ou profil thermique
Sprays cryogènes	Vaporisation locarégionale à 10 cm de la zone à traiter pendant 3 à 6 mn en balayage.	- Stockage et conservation ; - utilisable en déplacement ; - analgésie superficielle rapide.	- Coût ; - efficacité très momentané ; - risque de brûlure si utilisé en point fixe.	- Température cutanée entre 28 et 30 °C ; - durée de refroidissement de l'ordre de 5 mn ; - t cutanée > 15 °C.
Bandes de contention à gel prérefrigéré	Bandage circulaire de la zone à traiter.	- La conception permet d'emblée le refroidissement et la compression de la région.	- Nécessité de prérefrigerer la bande ; - mauvaise efficacité de refroidissement.	- Température cutanée de l'ordre de 28 °C ; - t cutanée > 15 °C.
Compresses tubulées à refroidissement liquide	Application directe sur la zone à traiter par l'intermédiaire d'un linge humide.	- Refroidissement continu de la zone à traiter (24 h sur 24, si nécessaire) ; - facilité de réglage de l'appareil ; - possibilité de l'utiliser comme un vecteur de chaleur ; - descente en froid progressive ; - refroidissement de longue durée.	- Refroidissement cutané modéré ; - appareillage coûteux ; - utilisable uniquement avec une source électrique.	- t cutanée > 15 °C.
Massage au cube de glace	Mouvements de balayage sur la zone à traiter. Durée : fonte du glaçon.	- Coût négligeable ; - encombrement réduit ; - utilisation réduite à une lésion ligamentaire, tendineuse ou sur un spasme musculaire ; - association au MTP ; - analgésie superficielle rapide.	- Fonte du glaçon ; - température de la glace fondante (0 à + 2 °C).	- Température cutanée autour de 15 °C ; - t cutanée ≥ 15 °C.
Tessie caoutchoutée remplie de glaçons	Application sur la zone à traiter par l'intermédiaire d'un linge humide pendant 30 mn.	- Coût négligeable ; - matériel et mise en place simples ; - réutilisation presque infinie.	- Nécessité d'ajouter des glaçons au cours de la séance ; - descente en froid modérée.	- Température cutanée entre 14 et 16 °C ; - t cutanée ≥ 15 °C.
Glace pilée fondante conservée dans un lingeponge mouillé	Application directe sur la zone à traiter pendant 20 à 30 mn.	- Coût négligeable ; - matériel et mise en place simples ; - bonne efficacité de refroidissement cutané.	- Fonte de la glace pilée (épandage d'eau et perte de la source cryogène) ; - générateur de glace pilée.	- Température cutanée de l'ordre de 10 °C ; - durée de refroidissement efficace : 20 mn ; - température sous-cutanée (- 3 cm) : 30 °C (36 °C au départ) ; - t cutanée < 15 °C.
Sachets à cristaux cryogènes instantanés (poches à deux compartiments : eau et cristaux de nitrate d'ammonium)	Application sur la zone à traiter par l'intermédiaire d'un linge humide pendant 30 mn.	- Utilisable directement et instantanément sur le terrain ; - très bonne efficacité de refroidissement.	- Coût non négligeable pour des sachets à usage unique ; - descente en froid moins importante que les sachets à gel prérefrigéré.	- Température cutanée : 12 à 13 °C ; - pic d'efficacité à la 11 ^e mn ; - durée de refroidissement efficace (< 15 °C) : 28 mn ; - t cutanée < 15 °C.
Sachets plastifiés à gel prérefrigéré	Application sur la zone à traiter par l'intermédiaire d'un linge humide pendant 30 mn.	- Coût acceptable car réutilisation possible ; - utilisable sur le terrain avec stockage dans un sac isotherme ; - possibilité accessoire de l'utiliser comme compresse chaude ; - excellente efficacité du refroidissement, à condition d'interposer un linge humide.	- nécessité de prérefrigerer le gel au freezer (environ 2 heures) ; - fragilité de l'enveloppe à long terme ; - la faible épaisseur de certains produits leur ôte toute efficacité ; - la conservation sur le terrain est limitée dans le temps.	- t cutanée < 15 °C.
Immersion d'un segment du membre	Immersion de la zone à traiter pendant 20 à 30 mn.	- Coût négligeable ; - choix de la température de l'eau ; - alternance possible chaud-froid ; - utilisé surtout en neurologie et pour les SAND.	- Peu pratique s'il s'agit d'une articulation intermédiaire ou proximale ; - nécessité d'un état cutané parfait ; - pas de mesure précise de température cutanée au cours de ces types de refroidissement.	- t cutanée < 15 °C.
Cryothérapie gazeuse	Placer la sonde du capteur de température sur la zone à traiter. Vaporisation locale en balayage à une distance de 20 cm. Maintenir la température cutanée entre 0 et 2 °C pendant une à 2 mn.	- Le capteur thermique permet de limiter les risques de brûlure ; - appareil fonctionnant sur batteries ; - descente en froid très rapide et températures obtenues basses "effet de choc thermique" - effet immédiat sur les phénomènes algiques.	- Coût important ; - recharge des batteries ; - achat des recharges de gaz.	- Température cutanée de 0 °C en 3 mn (choc thermique) ; - vasodilatation réactionnelle ; - t cutanée < 15 °C.
Vaporisateur d'azote liquide	Vaporisation locarégionale à 15 cm de la région à traiter pendant 3 à 6 mn en balayage.	- Froid très intense induisant un refroidissement cutané et sous-cutané dans un délai bref ; - effet immédiat sur les phénomènes algiques.	- Appareillage coûteux, lourd et encombrant ; - risque important de brûlures cutanées.	- Température cutanée de 0 °C en 3 mn (choc thermique) ; - durée de refroidissement efficace (< 15 °C) : 12 mn ; - cinétique de réchauffement identique à la glace ; - vasodilatation réactionnelle (190 % à 30 mn) ; - t cutanée < 15 °C.

ANNEXE II

FICHE DE RECUEIL DE DONNEES

N° du patient :

Age :

Traitement médical en cours :

Heure de mesure :

Paramètres réglables sur Criojet Air Mini :

- programme :
- temps de traitement :
- distance d'application :

	Mesures EVA avec application de froid préalable				
	J1	J3	J5	J7	J9
EVA avant mobilisation					
EVA pendant mobilisation					
EVA fin de mobilisation					

	Mesures EVA sans application de froid préalable				
	J2	J4	J6	J8	J10
EVA avant mobilisation					
EVA pendant mobilisation					
EVA fin de mobilisation					

ANNEXE III

RECUEIL DE MESURES DE L'INTENSITE DOULOUREUSE

Tableau II : Mesures de l'intensité douloureuse avant mobilisation

PATIENT	Mesures avant mobilisation et avant application de froid					Mesures avant mobilisation sans application de froid				
	J1	J3	J5	J7	J9	J2	J4	J6	J8	J10
1	7,2	6,2	5,8	4,5	4,2	7,5	6,8	6,3	6,6	4,9
2	7,5	5,4	7,0	5,2	6,6	6,0	6,2	6,3	4,8	6,0
3	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	1,2	1,2	1,3	1,4	0,0	1,0	1,1	1,0	1,2
5	0,5	1,2	1,2	1,3	1,3	0,0	1,0	0,9	1,0	1,8
6	0,7	5,0	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
7	8,0	6,1	5,5	5,2	4,5	6,0	7,4	5,6	5,3	4,9
8	4,1	4,3	4,2	4,1	4,0	2,6	4,5	2,9	3,8	3,4
9	2,7	3,2	2,1	0,0	2,4	1,9	0,6	1,8	0,8	1,7
10	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,3	1,3	0,0	0,0	0,9
11	4,7	4,2	3,2	3,5	3,8	4,6	4,9	3,9	3,2	3,5

Tableau III : Mesures de l'intensité douloureuse pendant mobilisation

PATIENT	Mesures pendant mobilisation avec application de froid					Mesures pendant mobilisation sans application de froid				
	J1	J3	J5	J7	J9	J2	J4	J6	J8	J10
1	6,2	4,9	4,3	4,4	3,8	5,5	5,6	4,6	6,0	4,1
2	5,0	3,9	4,8	4,7	5,2	5,0	5,2	4,9	3,8	5,0
3	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,8	1,8	2,6	2,0
4	1,2	3,2	1,8	2,8	2,1	5,8	2,6	2,5	4,1	4,0
5	1,2	5,0	3,2	3,8	3,5	5,0	5,7	4,8	4,7	5,3
6	0,5	4,5	0,0	2,5	0,0	1,8	2,2	0,5	1,5	0,0
7	6,5	4,4	4,2	4,1	4,0	8,2	7,2	4,6	5,5	4,1
8	2,7	2,7	1,7	2,1	1,8	2,4	1,3	1,8	2,5	2,7
9	2,7	2,7	2,4	1,4	1,6	3,0	0,6	3,0	2,0	2,8
10	6,4	6,5	5,0	5,0	5,5	7,5	7,7	7,2	5,1	6,6
11	3,8	3,8	2,8	3,0	3,2	5,6	4,5	4,4	4,1	3,9

Tableau IV : Mesures de l'intensité douloureuse après mobilisation

PATIENT	Mesures en fin de mobilisation avec application de froid					Mesures en fin de mobilisation sans application de froid				
	J1	J3	J5	J7	J9	J2	J4	J6	J8	J10
1	5,5	4,5	4,1	4,3	3,5	9,5	4,9	4,8	4,8	4,0
2	5,3	3,4	4,4	4,3	4,7	4,5	5,7	5,0	3,4	4,6
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	3,0	3,4	2,3	3,3	2,0	2,5	4,0	2,4	1,7	2,1
5	2,0	1,5	2,3	1,5	2,4	3,8	1,3	1,8	1,5	2,3
6	0,5	5,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	1,5	1,2	1,2
7	5,5	4,4	4,1	4,1	3,4	6,5	6,5	4,7	4,8	3,7
8	1,5	1,3	1,0	0,6	1,3	2,0	2,2	2,3	2,7	2,7
9	2,7	3,0	1,4	0,8	1,4	1,3	0,6	2,0	0,8	1,5
10	1,9	0,0	3,8	2,1	2,9	1,8	2,9	1,2	1,7	0,0
11	4,1	3,8	3,0	2,8	3,1	5,0	4,7	4,4	3,8	4,1