

Influence de la cryothérapie compressive comparée à la cryothérapie classique sur la récupération articulaire, trophique et fonctionnelle, après une arthroplastie totale de genou

RÉSUMÉ | SUMMARY

Introduction • Le nombre de prothèses totales de genou posées, augmente constamment. En postopératoire, l'œdème et la douleur limitent la flexion. Les techniques de cryothérapie ou de compression peuvent être utilisées pour les diminuer.

Objectif • Évaluer si l'association de ces deux techniques, permettrait une récupération fonctionnelle plus importante et plus rapide qu'avec la cryothérapie seule.

Matériels-Méthodes • 14 patients, randomisés en 2 groupes : un contrôle avec Cold-Pack® (N = 7) et un expérimental (GE) avec cryo-compression par Game Ready® (N = 7). Paramètres mesurés (à J1-J8-J15-J21) : amplitude articulaire en flexion (goniometre), épanchement (fluctuation), œdème (périmétrie), déficit d'extension active (DEA), douleur (ENS), autonomie (KOOS), et périmètre de marche (TM6).

Résultats • La cryo-compression est significativement efficace sur l'épanchement ($p3 = 0,007^*$). L'œdème (base de la rotule) du GE diminue davantage et plus rapidement que celui du GC ($p5 = 0,02^*$).

Discussion-Conclusion • La cryo-compression diminue l'épanchement. Elle diminue davantage et plus rapidement l'œdème (base de la rotule). Pour les autres paramètres : tendance à la diminution de la douleur (effort) et à l'amélioration de l'autonomie et du périmètre de marche dans le GE. La cryo-compression agirait plus rapidement sur le gain de flexion, puis davantage et plus rapidement sur la diminution de l'épanchement, de l'œdème (cuisse et mollet), du DEA et de la douleur (repos).

Introduction • The number of total knee prostheses installed is constantly increasing. In the postoperative period, edema and pain limit flexion. Cryotherapy or compression techniques can be used to reduce them.

Objective • Evaluate whether the combination of these two techniques, would allow greater and faster functional recovery than with cryotherapy only.

Materials-Methods • 14 patients have been randomized in 2 groups: A control with Cold-Pack® (N=7) and an experimental (GE) with cryo-compression by Game Ready® (N=7). Parameters measured (at D1-D8-D15-D21): Joint flexion range of motion (goniometer), effusion (balloon test), edema (perimetry), active extension deficit (AED), pain (ENS), autonomy (KOOS), and walking perimeter (TM6).

Results • Cryo-compression is significantly effective on effusion ($p3 = 0.007^*$). The edema (base of the patella) of the GE decreases more and faster than the one of the GC ($p5 = 0.02^*$).

Discussion-Conclusion • Cryo-compression decreases effusion. It decreases more and more quickly the edema (base of the patella). For the other parameters: Tendency to decrease pain (exertion) and improve autonomy and the walking perimeter in the GE. Cryo-compression would act more quickly on the gain in flexion, then more and more quickly on the reduction of effusion, edema (thigh and calf), AED and pain (rest).

Ilana BARANES

Kinésithérapeute
Paris

Helena BRUNEL

Biostatisticienne
Enseignante à l'IFMK Saint-Michel
Paris

Aude QUESNOT

Cadre supérieur de rééducation
Hôpital La Porte Verte
Versailles (78)

MOTS CLÉS | KEYWORDS

► Cryothérapie ► Dispositif de compression dynamique intermittente ► Période postopératoire ► Prothèse totale de genou

► Cryotherapy ► Intermittent pneumatic compression device ► Postoperative period ► Total knee prosthesis

En France, plus de 100 000 prothèses totales de genou (PTG) sont posées chaque année. Ce nombre est en constante augmentation depuis ces 15 dernières années [1, 2].

Que ce soit la douleur [3, 4], l'œdème ou l'épanchement [5-7], ces différents éléments entraînent des limitations d'amplitudes articulaires et contribuent à la sidération du quadriceps [8]. Ces phénomènes conduisent tous à des perturbations des activités et notamment de la marche. Le périmètre de marche est restreint en postopératoire. Les activités de la vie quotidienne et

la qualité de vie sont également impactées. Il est donc impératif de traiter ces éléments.

La rééducation en postopératoire consiste à diminuer les douleurs, prévenir les troubles trophiques et circulatoires, restaurer une bonne mobilité de flexion du genou (objectif : 90° de flexion du genou et moins de 10° de déficit d'extension active) [9], renforcer la musculature et obtenir une indépendance fonctionnelle, en rapport avec les besoins biopsychosociaux du patient.

Pour réduire ces désagréments postopératoires qui peuvent rendre difficile la rééducation,

Les auteurs déclarent ne pas avoir un intérêt avec un organisme privé industriel ou commercial en relation avec le sujet présenté

Influence de la cryothérapie compressive comparée à la cryothérapie classique...

plusieurs techniques sont à notre disposition. Parmi elles, nous retrouvons la cryothérapie et la pressothérapie ou compression.

Concernant les conséquences cliniques qui suivent la pose d'une PTG, la majorité des études privilégient l'utilisation de la cryothérapie, notamment pour des effets bénéfiques sur la diminution de la douleur et de la prise d'opioïdes, la récupération d'amplitudes articulaire en flexion comme en extension, la levée de sidération du quadriceps, et la récupération de force du quadriceps [10-13]. Mais il existe encore certaines études qui ne montrent aucune différence entre l'utilisation et la non-utilisation de la cryothérapie, principalement sur la diminution de l'œdème qui est assez controversée [14].

Quant à la compression, la plupart des études s'accordent pour constater ses effets bénéfiques sur la douleur et l'œdème qui diminuent, l'amplitude articulaire et la force du quadriceps qui augmentent, et une amélioration des conditions de sortie avec un retour au domicile plus précoce [15-18].

La compression dynamique semblerait conférer de meilleures améliorations à la fois sur la diminution de la consommation en analgésiques, mais aussi sur le gain d'amplitude articulaire et sur la récupération du périmètre de marche [19, 20]. Qui plus est, les patients semblent davantage satisfaits par l'utilisation de ce dispositif [20].

L'idée d'associer les techniques de cryothérapie et de compression émerge alors, dans l'optique d'augmenter les effets bénéfiques apportés par ces deux techniques [4, 21].

À l'heure actuelle, il existe trop peu d'études ayant comparé la cryothérapie simple à la cryothérapie compressive pour parvenir à généraliser leurs conclusions [22-24], dont seulement une qui concerne les suites opératoires de PTG [25].

L'intérêt de la cryothérapie sur la diminution de la douleur postopératoire a été prouvé, de même que l'efficacité de la compression dans la diminution de l'œdème suite à la pose d'une PTG. Ainsi, la combinaison de la cryothérapie et de la compression conduit avec certitude à la diminution de la douleur et de l'œdème. Mais on ne peut pas encore affirmer que la combinaison de ces deux techniques conduit à une diminution plus importante de la douleur ou de l'œdème postopératoire.

Hormis la douleur et l'œdème, qui sont souvent les critères de jugement principaux choisis par les études, les paramètres secondaires analysés qui reviennent le plus fréquemment sont la quantité d'analgésiques, l'amplitude articulaire en flexion de genou et le score fonctionnel du genou.

La force du quadriceps a été observée dans les études portant sur la cryothérapie ou la compression seules, mais jamais dans les études portant sur la cryo-compression. Un déficit de force du quadriceps conduit à un déficit d'extension active (DEA). Or, celui-ci n'a pas encore été étudié dans la littérature.

La qualité de vie du patient, à travers un score fonctionnel représentant les activités de vie quotidienne qu'il est capable de réaliser en autonomie et le périmètre de marche, n'ont pas été clairement étudiés. Enfin, le terme de « gonflement » du genou revient assez souvent dans les études, mais il n'y a aucune réelle distinction de faite entre l'œdème et l'épanchement.

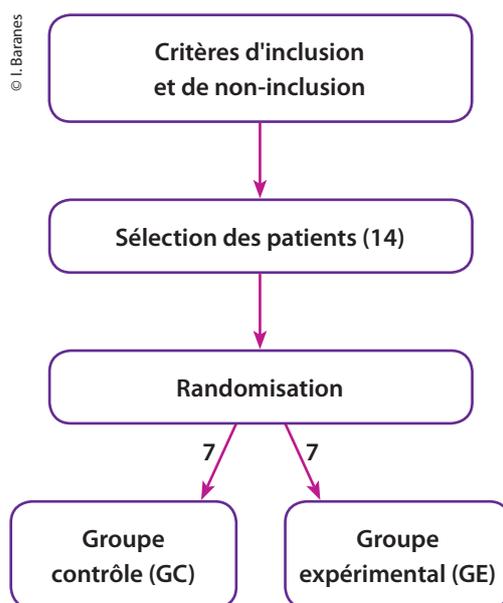
Actuellement, le protocole standard pour pallier aux conséquences postopératoires telles que la douleur et l'œdème, est l'utilisation quasi-systématique de pack de glace. La compression, par l'intermédiaire de dispositif est, quant à elle, plus rare.

Notre interrogation porte sur l'intérêt de coupler la cryothérapie et la compression dans les suites opératoires d'une PTG, si cette combinaison de techniques permettrait une récupération plus efficace, mais aussi plus rapide du patient sur : la flexion de genou, l'épanchement, l'œdème, le déficit d'extension active, la douleur, l'autonomie et le périmètre de marche.

Par l'intermédiaire de cette étude, nous chercherons à savoir si l'adjonction de la compression à la cryothérapie permettrait une amélioration plus importante, mais aussi plus rapide de ces différents paramètres. Nous tenterons de répondre à plusieurs hypothèses de recherche :

– **hypothèse 1 (H1)** : il existe une récupération de la flexion passive de genou significativement plus rapide dans le groupe expérimental (GE) bénéficiant de cryo-compression par rapport au groupe contrôle (GC) ayant uniquement de la cryothérapie ;

- **hypothèse 2 (H2)** : il existe une diminution de l'épanchement significativement plus rapide dans le GE par rapport au GC ;
- **hypothèse 3 (H3)** : il existe une diminution de l'œdème significativement plus rapide dans le GE par rapport au GC ;
- **hypothèse 4 (H4)** : il existe une diminution du déficit d'extension active (DEA) significativement plus rapide dans le GE par rapport au GC ;
- **hypothèse 5 (H5)** : il existe une diminution de la douleur significativement plus rapide dans le GE par rapport au GC ;
- **hypothèse 6 (H6)** : il existe une récupération de l'autonomie significativement plus rapide dans le GE par rapport au GC ;
- **hypothèse 7 (H7)** : il existe une récupération du périmètre de marche significativement plus rapide dans le GE par rapport au GC.



► **Figure 1**

Méthodologie de l'étude

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Il s'agit d'une étude préliminaire prospective monocentrique, contrôlée, randomisée, en simple aveugle. L'expérimentation s'est déroulée du 11 mars 2019 au 19 avril 2019.

■ Population

Elle inclut des patients volontaires, opérés de prothèses totales de genou et qui nous avaient accordé leur consentement éclairé.

Les patients n'étaient pas inclus s'ils avaient une contre-indication absolue à la cryothérapie (maladies cardio-vasculaires et pulmonaires, diabète, troubles circulatoires, plaies ouvertes, atteintes cutanées, syndrome de Raynaud et urticaire au froid) [26-28], ou à la compression (thromboses veineuses profondes, maladies ischémiques et vasculaires, carcinomes, et lésions cutanées) [16, 25, 29].

Les patients étaient exclus en cas de signes d'intolérance à la cryothérapie ou à la compression ; s'ils avaient été transférés vers un service d'aigu au cours de leur séjour ou bien s'ils souhaitaient arrêter le protocole. Aucun patient n'a été exclu au cours de cette étude.

■ Méthodologie

Quatorze patients ont été sélectionnés, puis randomisés en 2 groupes (un contrôle GC et un expérimental GE) de façon aléatoire par un algorithme mathématique (fig. 1).

Les sujets n'avaient pas connaissance de leur groupe d'appartenance. Les 2 groupes bénéficient d'un programme de rééducation conventionnel, comprenant un groupe de marche d'une heure, avec les enseignants en activité physique adaptée (APA) et une séance de kinésithérapie de 45 minutes.

Aux cours de ces séances, plusieurs objectifs sont à atteindre à l'aide de techniques rééducatives diverses :

- traitement antalgique avec massage et électrostimulation antalgique ;
- réveil musculaire du quadriceps avec demande de contraction active, électrostimulation, lutte contre le DEA ;
- gain en flexion par mobilisation de la patella verticalement et transversalement, mobilisation du cul-de-sac sous-quadricipital, mobilisation passive manuelle ou continue à l'aide d'un arthromoteur, mobilisation active aidée et mobilisation active, posture douce et contracté-relâché ;

Influence de la cryothérapie compressive comparée à la cryothérapie classique...

- gain en extension avec des postures et des étirements du plan postérieur ;
- renforcement musculaire global et obtention du verrouillage actif du quadriceps, avec des exercices de renforcement musculaire contre résistances manuelle, élastique, avec des poids ou autre ;
- travail proprioceptif avec la reprogrammation neuro-sensori-motrice en charge du bipodal vers l'unipodal sur terrain plat sans obstacle, puis avec obstacle vers un terrain instable ;
- récupération d'une marche sécurisée et d'une stabilité fonctionnelle, avec des exercices de mises en situation de déambulation, transferts, équilibre en conditions variées ;
- éducation thérapeutique du patient (ETP), visant à prévenir les complications évitables et favoriser l'acquisition de compétences thérapeutiques par le patient.

■ Matériel

Le groupe contrôle comporte 7 sujets. En plus du programme de rééducation conventionnel, il bénéficie de Cold Pack® 3 fois par jour pour une durée de 30 minutes, entourés d'une pochette non tissée pour protéger la peau du patient et éviter tout risque de brûlure, et d'un filet tubulaire pour le faire tenir sur le genou du patient (fig. 2).

Le groupe expérimental comporte 7 sujets. En plus du programme de rééducation conventionnel, il reçoit le dispositif de cryo-compression dynamique intermittente Game Ready® (GRPro 2.1®) avec son attelle de genou, 2 fois par jour pour une durée de 30 minutes (fig. 3).

La température de l'eau a été réglée à 4 °C et une pression basse, entre 5 et 15 mmHg, a été sélectionnée. Elle est la mieux supportée lorsque le patient est alité et en postopératoire.

■ Protocole

Les patients arrivent dans le service de rééducation entre 5 et 8 jours après l'opération. Nous avons défini J0 comme étant le jour d'arrivée des patients au sein du service de rééducation et où on obtenait leur consentement éclairé.

À J1, lendemain de l'arrivée du patient dans le service de rééducation et premier jour de sa participation à l'étude, un recueil des données générales a été effectué : âge, poids, taille, sexe, histoire de la maladie, antécédents, IMC (tab. I).

Un bilan complet, dans lequel sont répertoriés toutes les données du patient ainsi que les différents paramètres étudiés et leurs mesures évolutives au cours des 21 jours, est réalisé ce même jour.

Les mesures ont été effectuées à J1, J8, J15 et J21. Parmi ces mesures, le critère de jugement principal est l'amplitude articulaire en flexion, mesurée avec un goniomètre, et les critères de jugements secondaires suivants :

- la quantité d'épanchement quantifié par le test de fluctuation ;
- l'œdème (différence de périmétrie entre le genou opéré et non opéré), a été mesuré à l'aide d'un mètre-ruban à 3 niveaux différents (base de la rotule, 15 cm au-dessus de la base de la rotule et 20 cm en dessous de la base de la rotule) ;
- le déficit d'extension active (DEA) mesuré par un goniomètre en plastique ;
- la douleur au repos et à l'effort, évaluées par l'échelle numérique simple (ENS) ;
- l'autonomie du patient est évaluée par le score de KOOS, partie « Fonction & Vie Quotidienne » ;
- le périmètre de marche est mesuré par le test de marche de 6 minutes (TM6). L'ensemble de ces mesures a été réalisé par le même opérateur.

ANALYSE STATISTIQUE

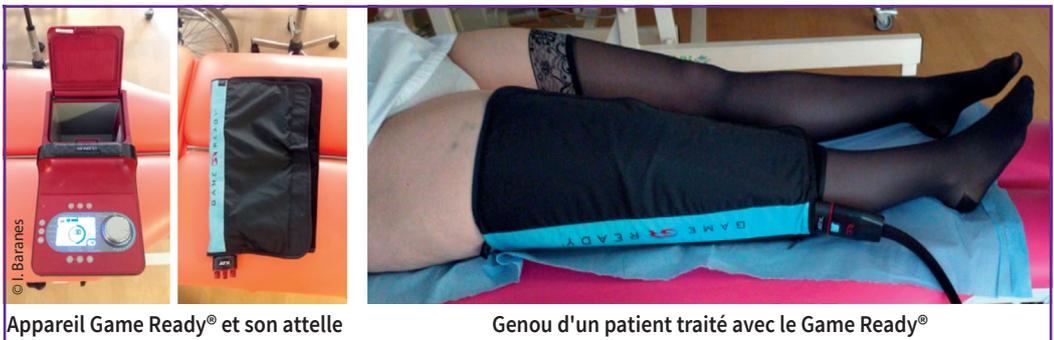
Les tests statistiques ont été réalisés sur le logiciel R® version 3.6.2 (2019-12-12). Les 2 groupes, témoin et expérimental, sont indépendants pour l'ensemble des paramètres mesurés.

Un seuil de significativité statistique de 0,05 ($\alpha < 0,05$), correspondant à un niveau de confiance de 95 %, a été choisi. Ceci implique que si la p-valeur est inférieure à 0,05, l'hypothèse suivante est acceptée : « Il existe des différences entre les groupes ou conditions étudiées ».



► **Figure 2**

Traitement du groupe contrôle



► **Figure 3**

Traitement du groupe expérimental

► **Tableau I**

Caractéristiques des groupes de l'étude

Variables	Groupe contrôle		Groupe expérimental		p-valeur
	Moyenne ± écart type	IC	Moyenne ± écart type	IC	
Âge	77,43 ± 8,06	[69,97 ; 84,88]	76,14 ± 6,62	[79,02 ; 82,26]	0,8
Sexe (M/F)	7F		6F + 1M		1
Taille (m)	1,59 ± 0,07	[1,53 ; 1,65]	1,63 ± 0,07	[1,56 ; 1,7]	0,22
Poids (kg/m ²)	69,33 ± 15,22	[55,26 ; 83,4]	80,39 ± 11,57	[69,69 ; 91,08]	0,13
IMC	27,45 ± 5,84	[22,05 ; 32,86]	30,33 ± 4,26	[26,39 ; 34,28]	0,54

GC : groupe contrôle - GE : groupe expérimental - IC : intervalles de confiance - M : masculin - F : féminin - m : mètres
Kg : kilogramme - IMC : indice de masse corporelle - Kg/m² : kilogramme par mètre carré

Influence de la cryothérapie compressive comparée à la cryothérapie classique...

► **Tableau II**

Récapitulatif des variables de l'analyse de survie et leurs seuils

Variabes	Seuils choisis pour l'analyse de survie
Goniométrie-fp	≥ 90°
	≥ 115°
Périmétrie (1) : BR	≤ 2 cm
	≤ 0 cm
Périmétrie (2) : +15 cm BR	≤ 2 cm
	≤ 0 cm
Périmétrie (3) : -20 cm BR	≤ 2 cm
	≤ 0 cm
DEA	≤ 20°
	≤ 5°
ENS (1)	≤ 3
ENS (2)	≤ 3
KOOS	≤ 34
TM6	≥ 61,34 m
	≥ 122,68 m
	≥ 184,02

Si la p-valeur est supérieure à 0,05, on ne peut pas affirmer qu'il existe des différences entre les groupes ou conditions étudiées.

L'homogénéité des groupes pour les caractéristiques de la population a été évaluée au moyen de 2 tests : le test de Mann-Whitney qui permet de comparer les données numériques (âge, taille, poids, IMC) de 2 groupes indépendants et le test de Fisher qui permet de comparer les variables qualitatives (sexe) de 2 groupes non appariés.

Des tests de Mann-Whitney ont été réalisés pour comparer les groupes à J1, pour vérifier s'ils étaient homogènes pour les paramètres étudiés (flexion de genou, épanchement, œdème, DEA, douleur, autonomie et périmètre de marche).

Une comparaison intra-groupe a été effectuée : des tests de Wilcoxon ont été pratiqués pour observer l'effet du traitement utilisé dans le GC, puis de celui utilisé dans le GE, sur chacune des variables. Ces tests ont été employés pour comparer les p-valeurs à J1 et à J21 de chaque variable.

Une comparaison intergroupes a été réalisée : un test de Mann-Whitney a été utilisé pour étu-

dier les différences d'évolution des 2 groupes au cours du temps, soit entre J1 et J21.

Enfin, une analyse de survie a été menée. Pour chaque variable étudiée, des seuils fonctionnels adaptés ont été choisis en tant que critères de guérison (tab. II). Ce sont les seuils à partir desquels on considère que le patient a guéri ou est en bonne voie de guérison.

Le moment d'apparition du franchissement de ces seuils au cours du temps (entre J1 et J21), a été comparé dans chacun des groupes pour l'ensemble des paramètres étudiés. Pour évaluer si l'évolution des 2 groupes présentait des différences au fil des 3 semaines, un test de Logrank a été réalisé. C'est un test non paramétrique d'hypothèse en « tout ou rien ». Celui-ci permet d'obtenir les différentes courbes de survie.

RÉSULTATS

■ Homogénéité

Les différentes variables étaient homogènes entre les groupes, à l'exception de la périmétrie au niveau de la base de la rotule ($p1 = 0,05^*$) et du KOOS ($p1 = 0,05^*$) (tab. III).

D'une façon générale, les patients du GE étaient initialement plus déficients que ceux du GC, notamment sur l'œdème qui était plus important, et sur les périmétries de genou, de mollet et de cuisse dont les différences entre les groupes dépassent le changement minimum détectable (CMD) [30].

■ Intra-groupes

On constate, à l'exception du DEA et de la douleur au repos, que les 2 traitements ont été efficaces sur l'ensemble des variables (tab. IV et V) puisque les différences entre avant et après traitement ont été significatives.

La cryothérapie classique a agi significativement sur l'œdème au niveau de la base de la rotule ($p2 = 0,006^*$) et la cryo-compression a agi significativement sur l'épanchement ($p3 = 0,007^*$) *a contrario* de la cryothérapie classique.

► **Tableau III***

Homogénéité des groupes contrôle (GC) et expérimental (GE) pour chaque variable à J1

Variables	J1				p1
	GC		GE		
	Moyenne ± écart type	IC	Moyenne ± écart type	IC	
Goniométrie-fp	85,71 ± 14,84	[71,99 ; 99,44]	73,57 ± 21,74	[53,47 ; 93,68]	0,1
Épanchement	2,14 ± 0,69	[1,5 ; 2,78]	2,71 ± 0,76	[2,02 ; 3,41]	0,44
Périmétrie (1)	4,86 ± 1,14	[3,8 ; 5,92]	6,14 ± 3,97	[2,348 ; 9,81]	0,05*
Périmétrie (2)	3,71 ± 2,16	[1,72 ; 5,71]	5,21 ± 3,91	[1,59 ; 8,83]	0,06
Périmétrie (3)	3,07 ± 2,17	[1,07 ; 5,08]	5,36 ± 2,79	[2,77 ; 7,94]	0,16
DEA	24,17 ± 22,45	[0,6 ; 47,73]	25 ± 8,66	[3,49 ; 46,51]	0,89
ENS (1)	3,14 ± 1,68	[1,59 ; 4,69]	2,86 ± 2,91	[0,16 ; 5,55]	1
ENS (2)	6 ± 1,41	[4,69 ; 7,31]	5,14 ± 2,34	[2,98 ; 7,31]	0,52
KOOS	57,14 ± 5,93	[51,66 ; 62,63]	63,14 ± 3,44	[59,96 ; 66,32]	0,05*
TM6	100,43 ± 130,86	[-20,6 ; 221,45]	60 ± 108,17	[-40,04 ; 160,04]	0,55

► **Tableau IV***

Effets du programme de rééducation au sein du groupe contrôle (GC) pour chaque variable entre J1 et J21

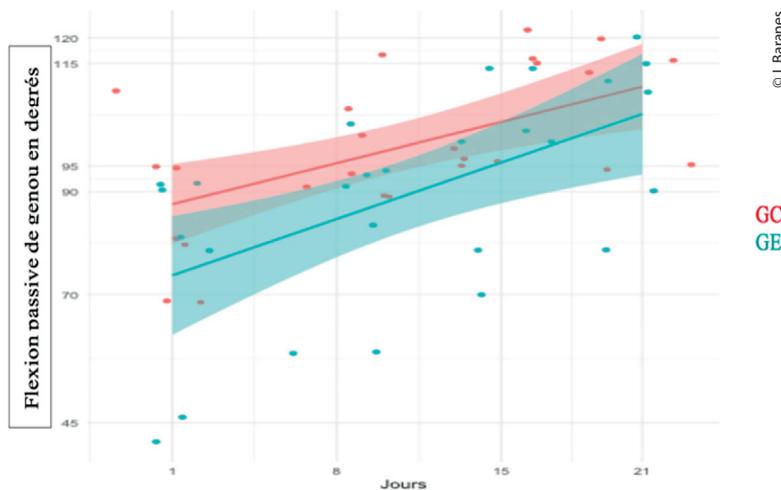
Variables	Groupe contrôle				p2
	J1		J21		
	Moyenne ± écart type	IC	Moyenne ± écart type	IC	
Goniométrie-fp	85,71 ± 14,84	[71,99 ; 99,44]	108 ± 12,04	[93,05 ; 122,95]	0,03*
Épanchement	2,14 ± 0,69	[1,5 ; 2,78]	1,4 ± 0,55	[0,72 ; 2,08]	0,09
Périmétrie (1)	4,86 ± 1,14	[3,8 ; 5,92]	1,3 ± 1,04	[0,01 ; 2,59]	0,006*
Périmétrie (2)	3,71 ± 2,16	[1,72 ; 5,71]	-1,1 ± 1,63	[-3,13 ; 0,99]	0,009*
Périmétrie (3)	3,07 ± 2,17	[1,07 ; 5,08]	0,1 ± 1,85	[-2,2 ; 2,4]	0,05*
DEA	24,17 ± 22,45	[0,6 ; 47,73]	8 ± 12,55	[-7,58 ; 23,58]	0,89
ENS (1)	3,14 ± 1,68	[1,59 ; 4,69]	1,4 ± 1,95	[-1,02 ; 3,82]	0,15
ENS (2)	6 ± 1,41	[4,69 ; 7,31]	2,2 ± 2,28	[-0,63 ; 5,03]	0,02*
KOOS	57,14 ± 5,93	[51,66 ; 62,63]	19,6 ± 10,62	[6,41 ; 32,79]	0,003*
TM6	100,43 ± 130,86	[-20,6 ; 221,45]	361,25 ± 60,19	[-28,86 ; 310,06]	0,02*

► **Tableau V***

Effets du programme de rééducation au sein du groupe expérimental (GE) pour chaque variable entre J1 et J21

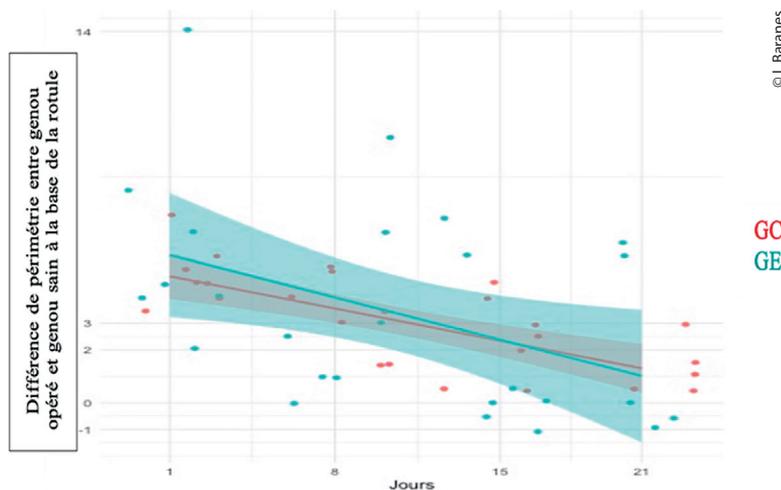
Variables	Groupe expérimental				p3
	J1		J21		
	Moyenne ± écart type	IC	Moyenne ± écart type	IC	
Goniométrie-fp	73,57 ± 21,74	[53,47 ; 93,68]	104,17 ± 15,63	[87,77 ; 120,56]	0,03*
Épanchement	2,71 ± 0,76	[2,02 ; 3,41]	1,17 ± 0,41	[0,74 ; 1,6]	0,007*
Périmétrie (1)	6,14 ± 3,97	[2,48 ; 9,81]	2 ± 3,45	[-2,28 ; 6,28]	0,14
Périmétrie (2)	5,21 ± 3,91	[1,59 ; 8,83]	0,2 ± 0,76	[-0,74 ; 1,14]	0,03*
Périmétrie (3)	5,36 ± 2,79	[2,77 ; 7,94]	0,1 ± 1,63	[-1,93 ; 2,13]	0,01*
DEA	25 ± 8,66	[3,49 ; 46,51]	7,5 ± 6,12	[1,07 ; 13,93]	0,03
ENS (1)	2,86 ± 2,91	[0,16 ; 5,55]	0,83 ± 1,33	[-0,56 ; 2,23]	0,21
ENS (2)	5,14 ± 2,34	[2,98 ; 7,31]	2,33 ± 1,63	[0,62 ; 4,05]	0,04*
KOOS	63,14 ± 3,44	[59,96 ; 66,32]	25,17 ± 8,54	[16,2 ; 34,13]	0,003*
TM6	60 ± 108,17	[-40,04 ; 160,04]	233,33 ± 96,73	[-39,26 ; 89,26]	0,02*

Influence de la cryothérapie compressive comparée à la cryothérapie classique...



► Figure 4

Courbe évolutive de l'amplitude articulaire en flexion de genou entre J1 et J21



► Figure 5

Courbe évolutive de la périmétrie au niveau de la base de la rotule entre J1 et J21

■ Intergroupes

La comparaison intergroupes est représentée par des courbes évolutives. Que ce soit celles représentant la flexion de genou entre J1 et J21 (fig. 4), ou celles de la périmétrie au niveau de la base de la rotule (fig. 5), on constate que les pentes des courbes du GE sont plus marquées que celle du GC.

Concernant les autres paramètres, il y a une tendance des pentes du GE à être plus marquée pour plusieurs d'entre eux : épanchement, périmétrie de mollet, DEA et douleur au repos. Cependant, ces résultats n'ont pas été significatifs (tab. VI).

ANALYSE DE SURVIE

■ Amplitude articulaire en flexion

Pour le seuil fixé à 90° (fig. 6), dans le GE, 60 % des patients atteignent le seuil fixé à 90° à J8 et 90 % des patients atteignent ce seuil à J21. Dans le GC, 100% des patients atteignent les 90° de flexion dès J8. Cependant, la différence n'a pas été significative.

Pour le seuil de 115° (fig. 6), dans le GE : à J8, 0 % de patients l'ont franchi, à J15 il y a 30 % qui l'ont franchi et à J21, 40%. Dans le GC : à J8, 20 % des patients ont passé le seuil des 115° de flexion passive, à J15, il y en a 50 % et à J21 il y en a 70 %. Cependant, la différence n'a pas été significative.

■ Périmétrie au niveau de la base de la rotule

Pour le seuil de 2 cm (fig. 7), correspondant au changement minimal détectable (CMD), dans le GE : 45 % ont passé le seuil de 2 cm à J8, 70 % à J15 et pas de changement à J21. Dans le GC : 30 % ont passé le seuil de 2 cm à J8, 50 % à J15 et 90 % à J21. Cependant, la différence n'a pas été significative.

Le seuil fixé à 0 cm (fig. 7), correspond à aucune différence de circonférence entre le genou opéré et le genou non opéré. Dans le GE, à J8, 15 % des patients atteignent ce seuil, et 70 % à J21. Dans le GC, aucun patient n'est parvenu à franchir ce seuil. La différence a été significative ($p5 = 0,02^*$).

DISCUSSION

L'hypothèse de départ était que l'adjonction de la compression à la cryothérapie diminuerait davantage et plus précocement l'œdème, et permettrait ainsi de récupérer la flexion de genou, d'améliorer la fonction de genou et d'obtenir une meilleure qualité de vie de manière plus marquée et plus rapide.

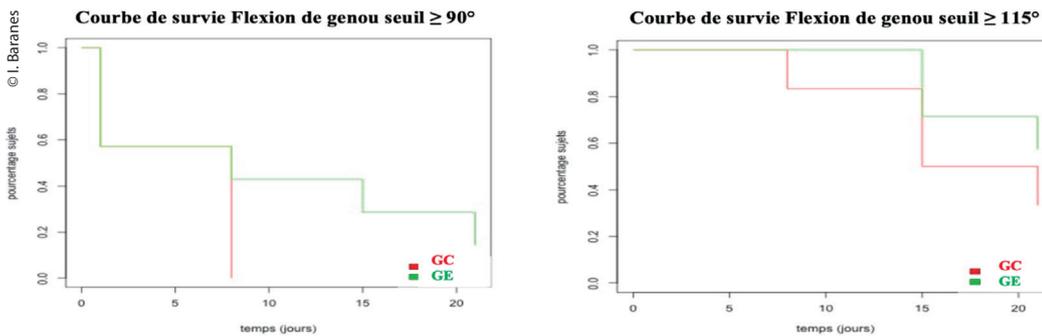
► **Tableau VI***

Comparaison des groupes contrôle (GC) et expérimental (GE) dans l'évolution de chaque variable entre J1 et J21

Variables	J21 - J1				p4
	GC		GE		
	Moyenne ± écart type	IC	Moyenne ± écart type	IC	
Goniométrie-fp	21 ± 13,87	[3,77 ; 38,23]	33,33 ± 9,83	[23,02 ; 43,65]	0,1
Épanchement	1	1	1,5 ± 0,84	[0,62 ; 2,38]	0,15
Périmétrie (1)	3 ± 0,79	[2,01 ; 3,98]	5 ± 3,45	[0,72 ; 9,28]	0,46
Périmétrie (2)	4,3 ± 1,04	[3,01 ; 5,59]	3,7 ± 3,25	[-0,34 ; 7,74]	0,6
Périmétrie (3)	2,5 ± 1,17	[1,04 ; 3,96]	5 ± 3,62	[0,5 ; 9,5]	0,4
DEA	27 ± 19,87	[2,32 ; 51,68]	20 ± 8,66	[-1,51 ; 41,51]	0,54
ENS (1)	2 ± 1,87	[-0,32 ; 4,32]	2,5 ± 2,43	[-0,05 ; 5,05]	0,77
ENS (2)	4 ± 2,83	[0,49 ; 7,51]	3,33 ± 2,07	[1,17 ; 5,5]	0,71
KOOS	37,4 ± 7,44	[28,17 ; 46,63]	38,50 ± 8,02	[30,8 ; 46,92]	1
TM6	185,5 ± 100,88	[24,97 ; 346,03]	208,33 ± 83,71	[120,49 ; 296,18]	0,91

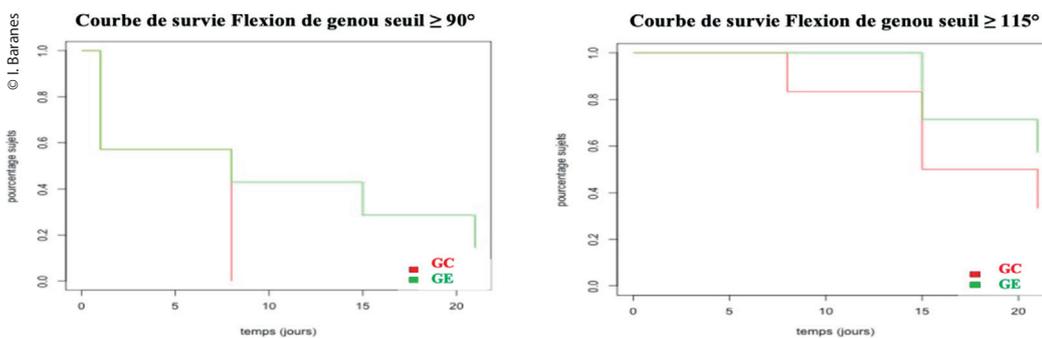
* Légende pour les tableaux III à VI

J1 : premier jour de l'étude - J21 : dernier jour de l'étude - GC : groupe contrôle - GE : groupe expérimental
 IC : intervalles de confiance - p1 : p-valeur des différences entre les groupes à J1
 p2 : p-valeur des différences entre J1 et J21 dans le GC - p3 : p-valeur des différences entre J1 et J21 dans le GE
 p4 : p-valeur des différences d'évolution entre les groupes au cours du temps entre J1 et J21
 Goniométrie-fp : flexion passive - Périmétrie (1) : base de la rotule - Périmétrie (2) : 15 cm au-dessus de la base de la rotule
 Périmétrie (3) : 20 cm en dessous de la base de la rotule - DEA : déficit d'extension active
 ENS (1) : échelle numérique simple au repos - ENS (2) : échelle numérique simple à l'effort
 KOOS : Knee injury and osteoarthritis outcome score - TM6 : test de 6 minutes



► **Figure 6**

Courbe de survie de la flexion du genou pour les seuils de 90 et 115° entre J1 et J21



► **Figure 7**

Courbe de survie de la périmétrie au niveau de la base de la rotule pour les seuils de différences de circonférences de 2 et 0 cm entre J1 et J21

■ Amplitude articulaire en flexion

D'après la courbe évolutive illustrée par la figure 4, la pente positive de la courbe du GE est légèrement plus marquée que celle du GC, ce qui se traduit par une augmentation plus rapide de l'amplitude articulaire en flexion de genou dans le GE plutôt que dans le GC.

Cependant, la courbe d'évolution du GC montre que la moyenne de la flexion à J1 est déjà proche de 90° (elle dépasse le seuil à J3) alors que pour le GE, il faut attendre J11 avant que la courbe représentant ne passe les 90°. Les patients du GC avaient donc une amplitude initiale plus importante. Ceci explique pourquoi, sur la courbe de survie (fig. 6), les patients du GC sont plus nombreux à franchir le seuil fonctionnel des 90° : on observe dans le GC que à J8, 100 % des patients ont passé le seuil des 90° de flexion passive alors que dans le GE, à J8 seulement 60 % des patients ont passé le seuil des 90°. À J15, il y en a 80 % et à J21 90 %.

Concernant le seuil de 115°, en analysant la courbe d'évolution (fig. 4), on constate que la courbe du GE n'atteint jamais le seuil de 115°. Ceci explique pourquoi, sur la courbe de survie (fig. 6), on observe dans le GC que à J8, 20 % des patients ont passé le seuil des 115° de flexion passive, à J15, il y en a 50 % et à J21 il y en a 70 %. Alors que dans le GE à J8, 0 % ont franchi le seuil des 115°, à J15 il y en a 30 % et, à J21, 40 % l'ont franchi.

En 2005, Holmstorm *et al.* [4] ont réalisé une étude contrôlée randomisée prospective qui compare un groupe contrôle (GC) ayant une anesthésie péridurale (EPA) à un groupe expérimental (GE) bénéficiant de la cryo-compression par *cryo-cuff*. Ils ont observé une flexion passive de genou de 80° à 1 semaine postopératoire et de 111° à 6 semaines postopératoire dans le groupe contrôle, comparée à une flexion passive de 84° à 1 semaine postopératoire et 116° à 6 semaines postopératoire. Ces améliorations cliniques n'ont pas été statistiquement significatives.

En 2006, Kullenberg *et al.* [21] ont réalisé une étude contrôlée randomisée prospective, qui reprend le schéma de la précédente. À leur sortie de l'hôpital, soit entre J4 et J6 postopéra-

toire, les patients du GC avaient une flexion de 63° et ceux du GE une flexion de 75°. La différence était hautement significative statistiquement, avec $p = 0,0019$. La flexion a ensuite été mesurée à 3 semaines postopératoire : ils ont retrouvé une amplitude de 88° dans le GC et de 99° dans le GE. De nouveau, la différence a été hautement significative statistiquement, avec $p = 0,0045$.

En 2014, Murgier *et al.* [19] ont étudié l'amplitude articulaire en flexion de genou chez des patients ayant subi une reconstruction du ligament croisé antérieur (LCA). Ils ont comparé des patients (GC) recevant une cryothérapie avec compression statique (Iceband®) à des patients (GE) recevant une cryothérapie avec compression dynamique intermittente (Game Ready®).

Après 24 heures de traitement, il a été constaté que les patients du GC ont récupéré une flexion de 84,5°, tandis que ceux du GE ont obtenu une flexion de 90,5°. La différence entre ces 2 groupes a été statistiquement significative ($p = 0,0015$).

Ainsi, dans cette étude, la cryo-compression dynamique semble permettre une meilleure récupération de l'amplitude articulaire en flexion que la cryo-compression statique.

Les résultats de notre étude ne permettent pas de retrouver des résultats similaires à ceux de la littérature à cause du manque d'homogénéité initiale qui fait que le GC partait d'une condition avantageuse plus proche du rétablissement. Néanmoins, il semblerait qu'une tendance se dégage en faveur de la cryo-compression concernant une récupération de l'amplitude articulaire en flexion de genou plus rapide.

■ Œdème

D'après les courbes évolutives illustrées sur la figure 5, la pente de la courbe représentant le GE est plus prononcée que celle du GC qu'elle croise à J15. L'œdème des patients du GE semble diminuer plus rapidement que celui des patients du GC.

Lorsque l'on analyse les courbes de survie (fig. 7), on constate pour le seuil de 2 cm que la cryo-compression permettrait une diminution

plus rapide de l'œdème, étant donné que, dès J8, 45 % des patients du GE franchissent le seuil, contre 30 % de ceux du GC, et dès J15, 70 % des patients du GE franchissent le seuil contre 50 % des patients du GC. La différence n'a pourtant pas été significative ici. En revanche, pour le seuil de 0 cm, on constate qu'aucun patient du GC ne parvient à le franchir, tandis que dès J8, 15 % des patients du GE parviennent à récupérer une circonférence de genou côté opéré, similaire à celle côté non opéré, puis 70 % à J15. La différence a cette fois-ci été statistiquement significative ($p5 = 0,02^*$). On peut alors conclure que la cryo-compression permet de diminuer plus efficacement et plus rapidement l'œdème au niveau de la base de la rotule.

Une tendance s'est aussi dégagée sur la diminution plus importante de l'œdème de la cuisse, et la diminution plus importante et rapide de l'œdème du mollet, bien que ces deux résultats n'aient pas été significatifs.

Holmstorm *et al.* [4] ont étudié les effets de la cryo-compression sur l'œdème au niveau de la base de la rotule. Ils comparent un groupe contrôle (GC) ne recevant qu'une anesthésie péridurale à un groupe expérimental (GE) bénéficiant du *cryo/cuff*. À J7, la circonférence moyenne du GC était de 26 millimètres (mm), et celle du GE de 20 mm, mais les différences entre les 2 groupes n'ont pas été statistiquement significatives.

Nos résultats sont conformes à la littérature en ce qui concerne la périmétrie au niveau de la base de la rotule, puisqu'ils trouvent que la cryo-compression serait plus efficace que la cryothérapie par Cold Pack®. Ils sont en plus significatifs et apportent une notion de temporalité. Ainsi, ils nous permettent d'admettre que la cryo-compression est non seulement plus efficace, mais aussi qu'elle agit plus rapidement que la cryothérapie classique sur la diminution de l'œdème au niveau de la base de la rotule.

■ Autres paramètres

En ce qui concerne les autres paramètres, aucun résultat n'a été significatif, mais une tendance à l'amélioration se dégage.

■ Épanchement

D'après le tableau IV, il existe une différence statistiquement significative du GE en intra-groupes entre l'avant et l'après utilisation du traitement par cryo-compression ($p3 = 0,007^*$). Cela indique que la cryo-compression a été significativement efficace. En effet, en comparant l'épanchement intra-articulaire moyen à J1 ($2,71 \pm 0,76$) à celui de J21 ($1,17 \pm 0,41$), on constate une diminution significative de l'épanchement intra-articulaire dans le GE.

D'après les courbes évolutives réalisées à partir des données du tableau V en intergroupes, on a pu constater l'existence d'une tendance de la cryo-compression à agir plus rapidement sur l'épanchement que la cryothérapie seule.

Aucune étude n'a, à l'heure actuelle, analysé les effets de la cryo-compression sur l'épanchement intra-articulaire. Ainsi, d'après cette étude, la cryo-compression permet une diminution significativement importante de l'épanchement intra-articulaire, et tend à agir plus rapidement que la cryothérapie classique.

■ Déficit d'extension active

D'après les courbes évolutives réalisées à partir des données du tableau V, une tendance se dégage : la cryo-compression semblerait permettre une récupération plus rapide de l'extension active que la cryothérapie classique.

Grâce aux courbes de survie obtenues par le test de Logrank, il a également été mis en évidence que la cryo-compression semblerait permettre une plus grande récupération de l'extension active de genou et serait ainsi plus efficace.

Aucune étude n'a, à l'heure actuelle, analysé les effets de la cryo-compression sur la diminution du déficit d'extension active. D'après la nôtre, on dégage une tendance de la cryo-compression à permettre une récupération plus rapide et plus importante de l'extension active du genou que la cryothérapie classique.

■ Douleur au repos

D'après les courbes évolutives réalisées à partir des données du tableau V, il semblerait que la douleur au repos diminue plus précocement

Influence de la cryothérapie compressive comparée à la cryothérapie classique...

dans le groupe cryo-compression que cryothérapie seule. Après analyse des courbes de survie obtenues par le test de Logrank, il a également été mis en évidence que la cryo-compression permettrait de diminuer la douleur au repos de façon plus importante que la cryothérapie seule.

Holmstorm *et al.* [4], qui ont comparé un groupe contrôle (GC) recevant des analgésiques et un groupe expérimental (GE) recevant le *cryo-cuff*, ont constaté à 6 semaines postopératoires que 74% des patients du GE avaient une EVA à 0 contre 65 % dans le GC. La cryo-compression diminue davantage la douleur au repos, mais les résultats n'étaient pas statistiquement significatifs.

Murgier *et al.* [25], ont comparé un groupe de patients recevant des Cold Pack® (GC) à un groupe de patients bénéficiant de la cryo-compression par Game Ready® (GE). Le traitement a duré 72 heures et l'EVA a été relevée à J1 et J3 postopératoires. Il a été constaté qu'à J3, les patients du GE étaient moins douloureux que ceux du GC. Les résultats ont été statistiquement significatifs ($p = 0,01^*$).

Bien que les résultats ne soient pas toujours statistiquement significatifs, les études de la littérature attestent que la cryo-compression procure de meilleurs effets sur la douleur au repos, notamment une plus grande diminution de celle-ci. Nos résultats sont donc en accord avec la littérature et y ajoutent la notion de rapidité de traitement de la cryo-compression par rapport à la cryothérapie classique.

■ Douleur à l'effort

D'après l'analyse des courbes de survie obtenues par le test de Logrank, il a été mis en évidence que la cryo-compression était plus efficace que la cryothérapie seule sur la douleur à l'effort, et permettrait la diminuer davantage.

Holmstorm *et al.* [4], précédemment cités, avaient déjà analysé la douleur au repos. Ils ont constaté cette fois-ci que, lors du retrait de l'anesthésie péridurale à 48 heures postopératoire, la douleur à l'effort augmentait dans le groupe contrôle (GC), tandis que la courbe de la douleur continuait de descendre de façon constante dans le groupe de cryo-compression (GE). La différence entre les 2 groupes n'a cependant pas été statistiquement significative

quant à la douleur subjective ressentie à l'effort. En revanche, la consommation de morphine par les patients du GE a diminué de façon statistiquement significative ($p = 0,005^*$) par rapport celle des patients du GC. Ils ont alors supposé que cette diminution de consommation des morphiniques, étaient liée à la diminution de la douleur à l'effort.

Kullenberg *et al.* [21] ont comparé un groupe contrôle (GC) qui reçoit une anesthésie épidurale (EPA), avec à un groupe expérimental (GE) recevant le *cryo-cuff*. Les patients du GE avaient une douleur à l'effort de 3,4 à J1 postopératoire, et de 0 à leur sortie (entre J4 et J6 postopératoires). Les patients du GC sont passés d'une douleur à l'effort de 2,3 à 0. La douleur à l'effort a diminué davantage dans le groupe cryo-compression que dans le groupe contrôle. Mais les résultats n'ont pas été statistiquement significatifs.

Nos résultats sont en accord avec la littérature pour affirmer que la cryo-compression permettrait une diminution de la douleur à l'effort, plus importante que la cryothérapie par Cold Pack®.

■ Autonomie

L'autonomie du patient a été évaluée grâce au questionnaire KOOS (*Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score*) partie « Fonction et vie quotidienne » comprenant 17 items donnant un score compris entre 0, représentant une autonomie totale du patient et 68, représentant une dépendance totale du patient.

Après analyse des courbes de survie obtenues par le test de Logrank, il semblerait que la cryo-compression permette une récupération plus importante de l'autonomie des patients.

Holmstorm *et al.* [4] qui ont comparé un groupe contrôle (GC) à un groupe *cryo-cuff* (GE), ont constaté que les patients du GE récupéraient davantage d'autonomie à 6 semaines après l'opération de PTG que ceux du GC, d'après le score WOMAC. Les différences n'ont pas été statistiquement significatives.

Murgier *et al.* [25] ont comparé un groupe contrôle (GC) à un groupe cryo-compression par Game Ready® (GE) et ont constaté que, 6 mois après la pose de PTG, les patients du GE avaient un score fonctionnel de genou à

42, alors que ceux du GC en avaient un de 40 d'après le score d'Oxford. La différence n'a pas été statistiquement significative.

Nos résultats concordent alors avec ceux retrouvés dans la littérature : il semblerait que la cryo-compression permettrait de récupérer une autonomie plus importante que la cryothérapie classique.

■ Périmètre de marche

D'après l'analyse des courbes de survie obtenues par le test de Logrank, la cryo-compression semblerait permettre une récupération plus efficace du périmètre de marche que la cryothérapie classique.

Dans la littérature, seuls Su *et al.* [20] ont analysé le périmètre de marche en tant que paramètre. Il s'agit d'une étude contrôlée randomisée prospective multicentrique sur 280 patients opérés de PTG. Elle a comparé un groupe contrôle (GC) recevant de la cryothérapie avec de la compression statique, à un groupe expérimental (GE) bénéficiant de la cryo-compression dynamique. Les auteurs ont constaté dans le GE un gain de 29,4 mètres à 6 semaines postopératoires par rapport au périmètre de marche préopératoire, alors qu'il n'était que de 7,9 mètres dans GC. La différence n'a cependant pas été statistiquement significative.

Nos résultats sont donc en accord avec ceux de la littérature, pour affirmer que la cryo-compression tend à améliorer davantage la récupération du périmètre de marche, que la cryothérapie par Cold Pack®.

■ Forces et limites

L'étude est contrôlée, randomisée, en simple aveugle, et un seul opérateur a réalisé les mesures. Le dispositif de cryo-compression Game Ready® réunit plusieurs paramètres contribuant à une prise en charge optimale : il offre une plage de températures de l'eau réglables, permettant d'atteindre la température cutanée de 15°C, température à laquelle un ralentissement du message nerveux douloureux a lieu et à laquelle la vasoconstriction peut se réaliser [31, 32], et ainsi s'opposer à la vasodilatation et

stopper l'inflammation [33, 34]. Le système de circulation d'eau froide étant continu, il permet le maintien d'une température constante plutôt que la température ne chute au contact de la peau enflammée comme lors de l'utilisation d'un Cold Pack® [13]. Qui plus est, l'attelle permet que le froid se répartisse de façon homogène sur l'ensemble du pourtour du genou, plutôt que localement avec un Cold Pack®.

Ce dispositif offre une compression dynamique intermittente qui, d'après les études, semblerait être celle la plus efficace [19, 20]. Le Game Ready® est à la fois facile d'utilisation pour les kinésithérapeutes, mais offre aussi une meilleure satisfaction des patients [20] et permet ainsi davantage d'observance de leur part.

Cependant, il faut noter la faiblesse de l'échantillon, trop petit pour permettre d'obtenir des résultats statistiquement significatifs et de pouvoir extrapoler nos conclusions à l'ensemble des patients opérés de PTG. La petite taille de l'échantillon pourrait conduire à une augmentation de la probabilité statistique d'obtenir une erreur de type II, c'est-à-dire à des « faux négatifs », ce qui contribuerait à un échec de détection d'un effet positif alors qu'il existe.

On dénote également un manque d'homogénéité. En effet, dans la sélection initiale des patients, tous n'avaient pas de prothèses totales de genou primaires : beaucoup de prothèses étaient des reprises ou sur des genoux multi-opérés. De plus, les patients du GE avaient davantage de restrictions initiales que n'en avaient les patients du GC. C'est pourquoi il serait souhaitable de reproduire cette étude avec un échantillon plus conséquent, et de ne sélectionner que les PTG primaires pour plus d'uniformité.

CONCLUSION

La cryothérapie compressive permettrait d'améliorer les troubles trophiques de façon avérée, en diminuant l'épanchement ($p = 0,007^*$) et en permettant une diminution plus importante, mais aussi plus rapide de l'œdème au niveau de la base de la rotule ($p = 0,02^*$). Bien que les résultats n'aient pas été significatifs sur les autres paramètres, la cryo-compression aurait aussi des effets bénéfiques sur la douleur, les

Influence de la cryothérapie compressive comparée à la cryothérapie classique...

paramètres fonctionnels du genou, et aurait une action plus rapide que la cryothérapie seule. Cela permettrait ainsi aux patients de rentrer plus rapidement à leur domicile et, ainsi, de libérer des lits dans les structures.

Du fait que ce dispositif combine 2 techniques, il permet également un gain de temps pour les kinésithérapeutes. Il pourrait ainsi y avoir une réduction des coûts (un rapport coût-efficacité serait à mener pour le vérifier). Ainsi, on pourrait proposer l'utilisation systématique des

appareils de cryo-compression, notamment en SSR, mais aussi dans les cabinets de villes, voire aux domiciles des patients, pour leur permettre une meilleure récupération et leur garantir un confort et donc une meilleure observance. ✖



BIBLIOGRAPHIE

- [1] Colas S, Occcean BV, Rudnichi A, Dray-Spira R, Zureik M. Étude d'utilisation des prothèses articulaires de genou en France entre 2008 et 2013. *Rev Épidémiol Santé Publique* 2016;64 Suppl 1:S23.
- [2] Jansen E, Brienza S, Gierasimowicz-Fontana A, Matos C, Reynders-Frederix-Dobre C, Hatem SM. Revalidation après les arthroplasties de hanche et de genou. *Rev Med Brux* 2015;36:313-20.
- [3] Drew J, Neilio J, Kunze L. Contemporary perioperative analgesia in total knee arthroplasty: Multimodal protocols, regional anesthesia and peripheral nerve blockade. *J Knee Surg* 2018;31(7):600-4.
- [4] Holmström A, Hårdin BC. Cryo/Cuff Compared to epidural anesthesia after knee unicompartmental arthroplasty. *J Arthroplasty* 2005;20(3):316-21.
- [5] Boiselle Howard S, Krishnagiri S. The use of manual edema mobilization for the reduction of persistent edema in the upper limb. *J Hand Ther* 2001;14(4):291-301.
- [6] Villeco JP. Edema: A silent but important factor. *J Hand Ther* 2012;25(2):153-62.
- [7] Ferrandez JC, Grosjean C. Drainage manuel et œdème après arthroplastie de genou : utile ou non ? *Kinesither Scient* 2018;603: 25-9.
- [8] Palmieri-Smith RM, Villwock M, Downie B, Hecht G, Zernicke R. Pain and effusion and quadriceps activation and strength. *J Athl Train* 2013;48(2):186-91.
- [9] Cheyron C. À propos de la prise en charge kinésithérapique de 102 prothèses totales de genou à l'Hôpital de la Croix-Saint-Simon. *Kinesither Scient* 2003;432:5-12.
- [10] Adie S, Kwan A, Naylor JM, Harris IA, Mittal R. Cryotherapy following total knee replacement. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;Issue 9. Art. n° CD007911.
- [11] Holm B, Husted H, Kehlet H, Bandholm T. Effect of knee joint icing on knee extension strength and knee pain early after total knee arthroplasty: A randomized cross-over study. *Clin Rehabil* 2012;26(8): 716-23.
- [12] Morsi E. Continuous-flow cold therapy after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2002;17(6):718-22.
- [13] Chughtai M, Sodhi N, Jawad M et al. Cryotherapy treatment after unicompartmental and total knee arthroplasty: A review. *J Arthroplasty* 2017;32(12):3822-32.
- [14] Adie S, Naylor JM, Harris IA. Cryotherapy after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2010;25(5):709-15.
- [15] Charalambides C, Beer M, Melhuish J, Williams RJ, Cobb AG. Bandaging technique after knee replacement. *Acta Orthop* 2005;76(1): 89-94.
- [16] Brock TM, Sprowson AP, Muller S, Reed MR. STICKS study: Short-stretch Inelastic Compression bandage in Knee Swelling following total knee arthroplasty. A feasibility study. *Trials* 2017;18(1): 6-12.
- [17] Cheung A, Lykostratis H, Holloway I. Compression bandaging improves mobility following total knee replacement in an enhanced recovery setting. *J Perioper Pract* 2014;24(4):84-6.
- [18] Sari Z, Aydoğdu O, Demirbüken İ, Yurdalan SU, Polat MG. A better way to decrease knee swelling in patients with knee osteoarthritis: A single-blind randomised controlled trial. *Pain Res Manag* 2019;2019: 1-7.
- [19] Murgier J, Cassard X. Cryotherapy with dynamic intermittent compression for analgesia after anterior cruciate ligament reconstruction. Preliminary study. *Orthop Traumatol Surg Res* 2014;100(3): 309-12.
- [20] Su EP, Perna M, Boettner F et al. A prospective, multi-center, randomized trial to evaluate the efficacy of a cryopneumatic device on total knee arthroplasty recovery. *J Bone Joint Surg [Br]* 2012;94-B(11 Suppl A):S153-6.
- [21] Kullenberg B, Ylipää S, Söderlund K, Resch S. Postoperative cryotherapy after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2006;21(8): 1175-9.
- [22] Kraeutler MJ, Reynolds KA, Long C, McCarty EC. Compressive cryotherapy versus ice: A prospective, randomized study on postoperative pain in patients undergoing arthroscopic rotator cuff repair or subacromial decompression. *J Shoulder Elbow Surg* 2015;24(6): 854-9.
- [23] Leegwater NC, Willems JH, Brohet R, Nolte PA. Cryocompression therapy after elective arthroplasty of the hip. *Hip Int* 2012;22(5): 527-33.
- [24] Waterman B, Walker J, Swaims C et al. The efficacy of combined cryotherapy and compression compared with cryotherapy alone following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Knee Surg* 2012; 25(2): 155-60.
- [25] Murgier J, Cailliez J, Wargny M, Chiron P, Cavaignac E, Laffosse JM. Cryotherapy with dynamic intermittent compression improves recovery from revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2017;32(9): 2788-91.
- [26] Demoulin C, Brouwers M, Darot S, Gillet P, Crielaard JM, Vanderthommen M. Comparison of gaseous cryotherapy with more traditional forms of cryotherapy following total knee arthroplasty. *Ann Phys Rehabil Med* 2012;55(4):229-40.
- [27] Schinsky MF, McCune C, Bonomi J. Multifaceted comparison of two cryotherapy devices used after total knee arthroplasty: Cryotherapy device comparison. *Orthop Nurs* 2016;35(5):309-16.
- [28] Ruffilli A, Castagnini F, Traina F et al. Temperature-controlled continuous cold flow device after total knee arthroplasty: A randomized controlled trial study. *J Knee Surg* 2017;30(7):675-81.
- [29] Windisch C, Kolb W, Kolb K, Grützner P, Venbrocks R, Anders J. Pneumatic compression with foot pumps facilitates early postoperative mobilisation in total knee arthroplasty. *Int Orthop* 2011;35(7): 995-1000.
- [30] Jakobsen TL, Christensen M, Christensen SS, Olsen M, Bandholm T. Reliability of knee joint range of motion and circumference measurements after total knee arthroplasty: Does tester experience matter? *Physiother Res Int* 2010;15(3):126-34.
- [31] Guillot X, Tordi N, Mourot L et al. Cryotherapy in inflammatory rheumatic diseases: A systematic review. *Expert Rev Clin Immunol* 2014; 10(2):281-94.
- [32] Quesnot A, Chanussot JC, Corbel I. La cryothérapie en rééducation : revue de la littérature. *Kinesither Scient* 2001;412:39-48.
- [33] Kowal MA. Review of physiological effects of cryotherapy. *J Orthop Sports Phys Ther* 1983;5(2):66-73.
- [34] Stålman A, Berglund L, Dungenec E, Arner P, Felländer-Tsai L. Temperature-sensitive release of prostaglandin E2 and diminished energy requirements in synovial tissue with postoperative cryotherapy: A prospective randomized study after knee arthroscopy. *J Bone Joint Surg [Am]* 2011;93(21):1961-8.