

La pression est « excessive » !

Oui, mais laquelle ?

La pression de la pompe, la pression interfaciale, ou la pression interne de l'œdème ?

RÉSUMÉ | SUMMARY

INTRODUCTION - Le principal problème pour optimiser le traitement conservateur d'un lymphœdème résistif est le choix de la compression efficace. Ce qui a compliqué le problème, c'est que la valeur de compression d'une pressothérapie pneumatique a été présentée pour être en excès entre le manchon et la peau. Cela a conduit à bloquer la pression thérapeutique à de faibles valeurs, et ce sans considérer la compliance du support sur lequel s'exerce la pression.

OBJECTIF - La pression d'interface varie-t-elle avec la compliance de l'élément comprimé ?

MÉTHODE - L'influence de la pression intra-brassard sur celle d'interface a été évaluée par un Kikuhime® (TT Meditrade™, Danemark) lors d'une compression programmée à 40 mm Hg sur trois cylindres qui avaient le même diamètre mais une compliance différente : 0 ; 1,1 ; 2,3 mm.

RÉSULTATS - En modifiant la compliance de l'élément comprimé, il est apparu que sur un élément solide (compliance de 1,1 mm) la pression programmée égalise presque celle mesurée en interface : 40 mm Hg = ± 40 mm Hg. La pression d'interface monte (+25 à 45 %) à 50-56 mm Hg sur un cylindre plein (compliance de 0 mm). Elle diminue (-10-15 %) à 36-34 mm Hg sur un cylindre plus mou (compliance de 2,3 mm).

CONCLUSION - Il est aléatoire de choisir la valeur de compression d'un lymphœdème sur la crainte d'une élévation excessive de la pression programmée. Bien sûr, tel un tunnel, la pression de la pompe passe sous la réalité. Par contre, la compliance de l'élément comprimé semble être une dimension de tout premier ordre pour élaborer un protocole efficace de décongestion.

INTRODUCTION - The main problem optimizing the conservative treatment of a resistive lymphoedema is the choice of the effective compression. What has complicated the problem is that the compression value of a pneumatic pressotherapy has been presented to be in excess between cuff and the skin. This has led to block the therapeutic pressure to low value, disregarding the compliance of the support on which the pressure is exerted.

OBJECTIVE - Does the interfacial pressure vary with the compliance of the compressed element?

METHOD - The impact of a programmed 40 mmHg cuff inflation on the interfacial pressure has been evaluated by a Kikuhime®, TT Meditrade™, Denmark on three cylinders that had the same diameter but a different tonometric compliance: 0, 1.1, 2.3 mm.

RESULTS - By modifying the compliance of the compressed element, it appeared that on a firm element (tonometric compliance of 1.1 mm) the programmed pressure equalizes almost that measured in interface: 40 mm Hg = ± 40 mm Hg. The interfacial pressure increased (25-45%) to 50-56 mm Hg on a solid cylinder (tonometric compliance of 0 mm). It decreased (-10 to -15%) to 36-34 mm Hg on a softer cylinder (tonometric compliance of 2.3 mm).

CONCLUSION - It is random to choose the value of lymphoedema compression on basis of the fear of an intra-alveolar pressure excess. Let's talk the talk! External pressure does not always produce an excess on the skin. The compliance of the element compressed seems a dimension of very first order in the interfacial pressure and thus in an effective protocol of decongestion.

Serge THEYS

Thierry DELTOMBE

Cliniques universitaires Godinne Yvoir, Namur (Belgique)

Maria E. AGUILAR FERRÁNDIZ

Université de Grenade (Espagne)

Thomas HENNEQUART

Haute école de Louvain-en-Hainaut (HELHA) Montignies-s/Sambre (Belgique)

MOTS CLÉS | KEYWORDS

► Compliance ► Lymphœdème ► Pression d'interface
► Pressothérapie ► Tonométrie

► Compliance ► Interfacial pressure ► Lymphedema
► Pressotherapy ► Tonometry

La pression d'interface est de plus en plus utilisée pour éduquer et former au bandage, au choix de la classe des bas, à la pressothérapie et aux massages. C'est aussi un moyen simple et rapide pour quantifier la pression réalisée par un moyen thérapeutique sur la peau. Mais de là à considérer que la pression d'interface est un critère de référence, il y a de la marge. Effectivement et étonnamment, les résultats présentés ont une mauvaise reproductibilité [1].

Même si le capteur est placé sur un élément de même forme géométrique et de même rayon de courbure et qu'il est comprimé avec la même pression externe, les mêmes valeurs de pression externe/interface ne se retrouvent pas... sur un

œdème. Excepté sur des protubérances osseuses, l'écart type est bien plus grand que 10 %. La transformée de Laplace ne peut expliquer ces différences et écarts.

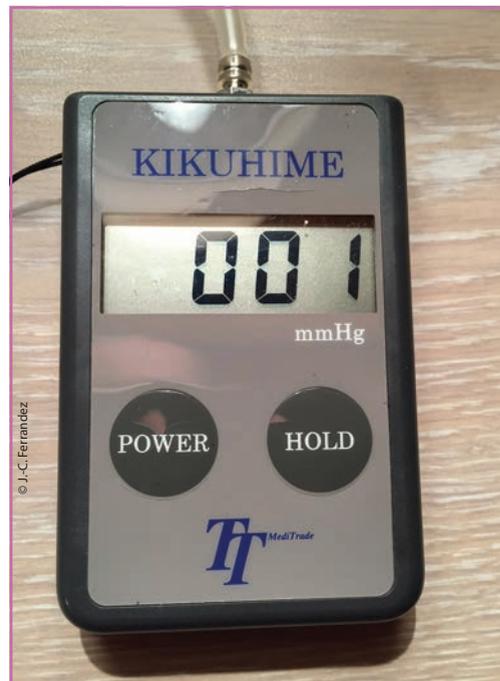
Il faut en chercher l'explication dans d'autres facteurs tels que l'ampleur de la pression transmise dans la peau. Celle-ci dépend de plusieurs facteurs : le rapport de la surface comprimée (loi de Pascal, 1647) et la durée de compression, l'épaisseur, la compressibilité et la viscoélasticité du tissu comprimé, et ce spécialement dans les conditions pathologiques d'œdème/fibrose [2].

De plus, l'importance de transmission tissulaire de la pression va encore changer en fonction du déplacement de l'œdème ; paramètre qui varie

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

La pression est « excessive » ! Oui, mais laquelle ?

La pression de la pompe, la pression interfaciale, ou la pression interne de l'œdème ?



► Figure 1

Le boîtier du Kikuhime®

selon la plasticité et la déformabilité de son environnement (loi de Coulomb, 1781) et selon la fonction résiduelle de la résorption microcirculatoire.

Ce dernier facteur peut être neutralisé en choisissant des cylindres fermés. Pour approcher le facteur de compressibilité, les cylindres doivent avoir une paroi de différentes déformabilités. En d'autres termes, les cylindres doivent avoir une compliance plus ou moins importante. À ces conditions, l'influence de la consistance du tissu et de l'œdème sur la pression d'interface pourra être observée.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Trois bouteilles fermées de même diamètre extérieur (80 mm) ont été utilisées et placées à l'horizontale [3]. Leur compliance a été évaluée par un tonomètre basé sur le poids (BME 1428 ; Flinders Medical Center - Adelaïde : Australie-méridionale) qui sert à mesurer l'enfoncement (en mm) d'une tige sous l'effet d'une compression verticale standard.

À mi-hauteur des cylindres (22 cm), un brassard pneumatique est placé autour et fixé par une

bande Velcro®. Il fournit un contact uniforme, sans compression basale. Les dimensions du manchon gonflable étaient : 12 cm de large ; 27 cm de long.

Le brassard est successivement connecté à deux modèles de pompes pneumatiques séquentielles : un Hydroven12® à 12 compartiments (Flowtron™, Angleterre) et un iPress1.0® à 7 compartiments (Électronique du Mazet™, France). La pression sélectionnée de 40 mm Hg a été pré-réglée sur chaque pompe.

La pression d'interface brassard/tissu a été mesurée avec un appareil Kikuhime® (TT Meditrade™, Danemark) (fig. 1). Ce système se compose d'une cellule pneumatique fine (0,3 cm d'épaisseur en son milieu) et circulaire (diamètre de 3,5 cm). En son centre, elle a été fixée par une rondelle aux deux faces adhésives au centre de la portion gonflable du brassard. La pression d'interface est alors lue sur un cadran digital et notée en mm Hg.

RÉSULTATS

Quand le tonomètre ne sait pas s'enfoncer (0 mm) (tab. I), la pression d'interface augmente mais dans une moindre mesure avec le Lymphassist® (50 mm Hg ; + 25 %) qu'avec l'iPress® (67 mm Hg ; 67,5 %). Sur un plastique rigide (tonométrie de 1,1 mm), la pression programmée (40 mm Hg) égale presque celle mesurée en interface : 39 mm Hg (- 2,5 %) avec le Lymphassist®; 42 mm Hg (+ 5 %) avec l'iPress®.

Enfin, sur un plastique semi-rigide (tonométrie de 2,3 mm), une diminution (de respectivement - 15 à - 10 %) est notée (34 vs 36 mm).

DISCUSSION

Tout d'abord, quand la tonométrie est de 1,1 mm, la pression d'interface est proche de la valeur de la pression programmée (39 ou 42 mm Hg vs 40 mm Hg) [3]. Mais en général, ces deux valeurs ne sont pas égales alors même que le rayon de la courbure est égal [3].

La capacité de déformation de la surface du comprimé semble donc modifier la valeur de la pression extérieure. Ainsi, un simple tonomètre peut nous permettre de développer une meilleure compréhension des propriétés du derme/gonflement, ce

► **Tableau I**

Variations de la pression d'interface (PI) sous un brassard gonflé à une pression programmée (PP) de 40 mm Hg par deux types de pompes pneumatiques séquentielles sur trois modèles cylindriques à compliance différente

Type de cylindre	Enfoncement du tonomètre (mm)	PP (mm Hg)	PI en mm Hg (% Δ C/IP)	
			Lymphassist®	iPress®
Verre	0	40	50 (+ 25)	67 (+ 67,5)
Plastique rigide	1,11		39 (- 2,5)	42 (+ 5)
Plastique semi-rigide	2,3		34 (- 15)	36 (- 10)

qui peut avoir des implications thérapeutiques comme la détermination de la pression à exercer sur un œdème [4, 5]. Cependant, il n'y a aucun nomogramme pour illustrer la relation entre la pression d'interface et les caractéristiques de déformation du tissu compressé. Il n'y a pas, non plus, de consensus sur l'utilité des mesures tonométriques.

De plus, le tonomètre ne donne pas une valeur réelle de la compliance des tissus comprimés (formule 1). Il ne définit pas sa valeur de compression et ne donne pas le volume compressé. Il donne seulement une approche d'une résistance tissulaire locale à la compression. Il mesure seulement la profondeur instantanée d'enfoncement de son piston dans les tissus. Ce piston est fait pour être appliqué sur une surface plane et non une surface ellipsoïdale, circulaire. Son application est limitée à un usage vertical [6].

De plus, le petit cadran est difficile à lire. Pour ces raisons, ce dispositif n'est plus disponible actuellement. Le prochain induromètre de viscoélasticité (Flinders Medical Center - Adelaïde : Australie-méridionale) promet d'être plus intéressant.

Formule 1 : la compliance (C) est définie comme la variation (Δ) de volume (V) provoquée par un changement unitaire de pression (P). Sa formule est : $C = \Delta V / (V \times \Delta P)$.

Une seconde observation : les pressions interfaciales produites par les deux pompes diffèrent considérablement [5 à 42,5 %]. C'est étonnant du fait que les deux pompes testées sont équipées d'un contrôleur de pression intra-alvéolaire qui est censé fermer le robinet d'alimentation lorsque la pression programmée est atteinte. L'explication aurait pu être donnée par la différence de la surface de contact de leurs compartiments pneumatiques respectifs. Mais ce biais potentiel avait été contourné en connectant ces deux pompes à un même brassard. La différence semble donc pouvoir être imputée au fait que leur contrôleur de pression se base sur des normes différentes. Ainsi,

tel un idéal, la pression programmée par certaines pompes coupe les ponts avec la réalité.

En troisième lieu, les résultats obtenus confirment qu'une pression interfaciale peut être supérieure à celle du compresseur. Conformément à la Loi de Laplace, la pression interfaciale est une fonction de la pression donnée par la pompe ainsi que du rayon et de la géométrie du cylindre. Ainsi, du fait que le cylindre a un rayon plus petit que celui de la manchette, il serait normal de trouver une pression interfaciale supérieure à la pression de la pompe. Mais alors, pourquoi la pression interfaciale est différente alors que le rayon des 3 cylindres est le même ?

Cette surestimation a été moindre (+ 25 %) avec le Lymphassist® qu'avec l'iPress® (+ 67,5 %). Une surestimation de 80 % a été signalée dans la littérature. Cette surestimation a été considérée comme excessive [1]. La crainte d'un tel dépassement a peut-être conduit les concepteurs du programme Lymphassist® à limiter l'inflation à une valeur inférieure à celle indiquée par le manomètre de la pompe. En d'autres mots, à brider la pompe.

La pression est majorée. Oui, mais de là à la qualifier d'excessive, rien ne le permet, et ce pour trois raisons principales.

- 1/ Un œdème n'est pas une pression mais un excédent de volume. Alors, qu'elle soit « excessive » ou pas, c'est la pression efficace de réduction d'un œdème qui compte, pas sa valeur.
- 2/ Qualifier une compression d'« excessive » n'a aucun sens. Il ne faut pas la confondre avec une pression improductive ou contreproductive. Une pression contreproductive qui prédispose à un risque d'effets secondaires est fonction de multiples facteurs : valeur de la pression, cisaillement, rayon de courbure, durée, température, humidité régionale, plasticité de la peau (fibrose), variations de conformité de l'œdème, tolérance des tissus avant de subir des dommages, risque sous-jacent d'effets indésirables

La pression est « excessive » ! Oui, mais laquelle ?

La pression de la pompe, la pression interfaciale, ou la pression interne de l'œdème ?

conséquents au diabète, à l'artériopathie, à l'insensibilité et à leurs interactions [2, 7].

3/ La surestimation de la pression interfaciale s'observe uniquement lorsqu'elle est appliquée sur une surface dure qui agit comme un multiplicateur. Cependant, dans le cas d'un œdème consistant englué dans un tissu fibreux, la pression externe se dissipe rapidement dans la profondeur. La perte de pression est proportionnelle à l'énergie transférée dans les tissus. Ainsi, la pression extérieure doit être élevée à plus de 100 mm Hg pour obtenir seulement 30 mm Hg dans un hypoderme ferme [8].

Quatrièmement, *a contrario* de cette surestimation, la pression interfaciale perd de sa valeur quand elle est appliquée sur un cylindre moins compliant qui absorbe plus de pression. Avec une tonométrie de 2,3 mm, la perte de la pression interfaciale est limitée à seulement 10-15 % des 40 mm Hg programmés. C'est, peut-être, le résultat d'une plus grande pénétration qui mène à une plus grande surface de contact et à une meilleure répartition des pressions.

Comme quoi, la valeur montrée par le baromètre d'une pompe n'a rien à voir avec celle mesurée en interface et encore moins à voir avec celle qu'on croit exercer en intradermique. Il est donc improductif de statuer que telle ou telle pression est excessive. Il n'y a qu'une valeur irréfutable : le résultat ! Et actuellement, il ne s'obtient qu'en adaptant la pression en fonction de la consistance de l'œdème, c'est-à-dire du signe du godet.

CONCLUSION

Quand une légère force est appliquée sur un même rayon de courbure, la pression d'interface varie selon la compliance de l'élément comprimé et selon le type de pompe. Plus le cylindre est rigide, plus la pression d'interface augmente. Au contraire, moins il est rigide, plus elle est minorée.

Selon ces résultats, considérer la pression interfaciale comme référentiel est une vision très réductrice. Toutes les forces environnementales (intra-pompe, nature des tissus comprimés, etc.) interagissent de façon plus ou moins importante. Ces interactions peuvent modifier, non seulement le rayon de courbure, mais également la forme géométrique du segment de membre comprimé.

C'est donc hasardeux de choisir la valeur de compression d'un lymphœdème sur la seule crainte d'exercer une compression « excessive ». Toute compression n'est pas toujours contreproductive sur la peau. La compliance de l'élément comprimé doit être une dimension de tout premier ordre dans un protocole efficace de décongestion. Pour résumer, il y a toujours à apprendre du lymphœdème pour déterminer sa pression optimale de drainage. ✕



BIBLIOGRAPHIE

- [1] Segers P, Belgrado JP, Leduc A, Leduc O, Verdonck P. Excessive pressure in multichambered cuffs used for sequential compression therapy. *Phys Ther* 2002;82:1000-8.
- [2] Theys S, Schoevaerds JC, Hennequart T, Deltombe T. A model approach for assessing the optimum compression for an irreversible lower limb lymphedema. *Lymphology* 2012;45(suppl):323-6.
- [3] Hennequart Th, Aguilar Ferrándiz ME, Theys S, Deltombe Th. *To exert a pressure on a lymphoedema: Which standard to choose?* 39th Congreso Eur Soc Lymphology, Valencia - 2013 6-8 June.
- [4] Piller NB, Clodius L. The use of a tissue tonometer as a diagnostic aid in extremity lymphedema: A determination of its conservative treatment with benzopyrones. *Lymphology* 1976;9(4):127-32.
- [5] Theys S, Clérin M, Schoevaerds JC, Billy V. Essai de la tonométrie dans le bilan clinique des œdèmes. *Cah Kinésithér* 1982;96(4):9-12.
- [6] Moseley A, Piller N. Reliability of bioimpedance spectroscopy and tonometry after breast conserving cancer treatment. *Lymphat Res Biol* 2008;6(2):85-7.
- [7] Olszewski W, Jain P, Zaleska M. Physiological parameters for effective compression therapy of swollen lower limbs-tissue fluid pressure and flow, tonometry. *Eur J Lymphology* 2013;24(67-8);39th Congress abstract book - Valencia:59.
- [8] Olszewski W, Jain P, Zaleska M, Cakala M, Stelmach E. Manual and pneumatic massage - tissues and lymph transfer to the non lymphedematous tissues. *Lymphology* 2011;suppl.:Malmö, abstract book:169.