Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

Les bas élastiques de compression progressive augmentent la capacité de la pompe veineuse du mollet de façon plus importante que les bas élastiques de compression dégressive.

The progressive medical compression stockings increase more the capacity of the venous pump of the calf than conventional graduated compression elastic stockings.

Mosti G., Partsch H.

Résumé

Objectif : Comparer l'efficacité hémodynamique des bas élastiques de compression à pression progressive par rapport à des bas élastiques de compression à pression dégressive, chez les patients présentant une insuffisance veineuse sévère.

Matériel : 25 patients atteints d'une insuffisance veineuse superficielle chronique sévère ont reçu, de façon randomisée, un bas de compression élastique standard dégressive (CED) et un bas de compression élastique exerçant une pression plus élevée au niveau du mollet par rapport à la cheville, dite progressive (CEP).

Méthode : La fraction d'éjection (FE) de la pompe veineuse du mollet a été mesurée par une méthode pléthysmographique lors d'un exercice standardisé. La pression d'interface des 2 dispositifs de compression a été enregistrée simultanément à la fois au point B1 (12 cm au-dessus de la cheville), et au point C (au niveau de la partie la plus large du mollet).

Résultats : La CEP a conduit à une augmentation moyenne significativement plus élevée de la FE (+ 79,1 %, IC 95 % 48,4-109,8) par rapport à la CED (+ 33,6 %, IC 95 % 15,6-51,6; p < 0,001). Il y avait une corrélation significative entre la FE et la pression de la compression mesurée au niveau du mollet lors de la marche.

Summary

Aim: *To compare the hemodynamic efficacy of stockings providing a negative pressure gradient with higher pressures over the calf* versus *conventional graduated elastic compression stocking in patients with severe venous insufficiency.*

Material: *25 patients with severe superficial chronic venous insufficiency received in randomized order a conventional graduated stocking (CED) and a stocking exerting a higher pressure over the calf than over the ankle producing a "progressive" increase in compression (CEP).*

Method: *The ejection fraction (EF) of the venous calf pump was measured by a plethysmographic method during a standardised exercise. Interface pressure of the 2 compression devices was simultaneously recorded both at B1 = 12 cm above ankle, and at C = just above widest part of calf.*

Results: *CEP led to a significantly higher mean increase of EF (+79.1 %; 95 % CI 48.4-109.8) compared to CED (+33.6 %; 95 % CI 15.6-51.6; p < 0.001).*
There was a significant correlation between EF and the stocking pressure measured at calf level during walking.

Giovanni Mosti, Clinica MD Barbantini, Via del Calcio n.2, 55100 Lucca, Italy. Tel : +39 347 1810280. Fax : +39 0583 490050.
E-mail : jmosti@tin.it
Hugo Partsch, Private practice, Baumeistergasse 85, A 1160 Wien, Austria.
Accepté le 14 novembre 2012

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

Conclusion : Les bas de compression élastique exerçant une pression plus élevée au niveau du mollet par rapport à la cheville ont montré une efficacité supérieure dans l'augmentation de la fraction d'éjection veineuse de la jambe.

Mots-clés : *bas médicaux élastiques de compression à pression progressive, bas élastiques de compression à pression dégressive, insuffisance veineuse sévère.*

Conclusion: *Stockings exerting a higher pressure on the calf than on the ankle show a greater efficacy in increasing the venous ejection fraction from the leg.*

Keywords: medical elastic stockings providing a negative pressure gradient, conventional graduated elastic compression stockings, severe venous insufficiency.

Introduction

Les bas de compression élastique dégressive (CED) fournissant une pression décroissante de l'extrémité distale à proximale des membres inférieurs sont utilisés dans la prise en charge des troubles veino-lymphatiques et pour la thromboprophylaxie.

Cette diminution continue de la pression de l'extrémité distale à proximale des membres inférieurs est considérée comme un critère de qualité important dans la fabrication des bas de compression selon différentes normes [1, 2, 3].

Récemment, un nouveau type de bas de compression élastique offrant une pression ciblée et adaptée, uniquement en regard du mollet, la compression élastique dite « progressive » (CEP), a été proposée.

Des résultats bénéfiques sur les symptômes subjectifs ont été rapportés chez les patients présentant une affection veineuse chronique [4] et dans les applications sportives [5].

Les avantages de cette compression sont basés en théorie sur des évaluations par Duplex [4], malgré l'absence de données objectives concernant l'amélioration de l'hémodynamique veineuse chez les patients atteints d'une insuffisance veineuse chronique.

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'impact de la compression progressive sur la fonction de pompage veineux du mollet chez des patients souffrant d'insuffisance veineuse avancée, par comparaison aux bas de compression dégressive standard.

Matériel et méthodes

Patients

25 patients (15 femmes, 10 hommes, âge moyen de 55,6 ans) présentant un reflux significatif de la grande veine saphène, ainsi que tous candidats à la chirurgie des varices, ont été inclus dans cette étude.

Tous les patients ont été préalablement informés des détails de l'étude et ont donné leur consentement par écrit.

Critères d'inclusion

- CEAP entre C2 et C5.
- Insuffisance de la grande veine saphène avec incompétence valvulaire terminale et préterminale, diamètre au niveau de la jonction supérieure à 10 mm démontré par Duplex et un reflux supérieur à 1 s.
- Mobilité articulaire permettant aux patients de réaliser les exercices demandés par le protocole.
- Sont exclus de cette étude les patients qui ne remplissent pas les critères d'inclusion et les patients qui sont incapables de réaliser avec succès le test d'effort décrit ci-dessous.
- L'exploration des veines superficielles et profondes des membres inférieurs a été évaluée par Duplex.
- La détection de reflux veineux pendant la manœuvre de Valsalva est réalisée en coupe longitudinale avec le patient en position debout.
- Un temps du reflux de plus d'une seconde est considéré comme pathologique.
- La coupe transversale est utilisée pour mesurer le diamètre de la veine grande saphène dans l'aine jusqu'à 5 cm de manière distale, à 5 cm de l'ostium.

Mesure de la fonction de pompe veineuse

- La fraction d'éjection (FE) est évaluée à l'aide d'une pléthysmographie à jauge indium-gallium (Angioflow2, Microlabitalia, Padoue, Italie) en suivant la méthode décrite par Poelkens et al [6].
- Une jauge en alliage « indium-gallium » (diamètre de 1 mm) est placée autour de la jambe en position couchée à 5 cm en dessous de la rotule et à la partie proximale du bas de compression élastique.
- L'évaluation commence, après l'étalonnage de l'appareil, en élevant la jambe examinée afin de vider les veines et d'enregistrer le volume minimal du segment de la jambe.
- Puis le patient se lève, le volume du segment du mollet encerclé par la jauge augmente, ce qui témoigne du remplissage veineux, mesuré en continu.

Le « volume veineux fonctionnel » (VV) est défini comme la différence entre les veines vides et remplies.

Lors d'un exercice standardisé (marche sur place de 20 pas en 20 secondes), la quantité de sang qui est expulsée vers le cœur (VE = volume expulsé) représente la capacité de la pompe veineuse musculo-aponévrotique du mollet.

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

La fraction d'éjection (FE) est calculée selon la formule suivante: **100 × VE/ VV**.

Comme démontré dans les rapports précédents [7, 8, 9, 10]**, cette méthode mesure l'efficacité hémodynamique des dispositifs de compression de manière non invasive.**

En outre, l'intérêt pour cette méthode est qu'elle est une alternative non invasive déjà utilisée (phrase précédente) aux méthodes précédemment employées.

La FE est mesurée à l'inclusion sans compression et elle est remesurée avec un bas de compression standard dégressive, puis avec un bas de compression élastique progressive, appliqué de façon randomisée pour tous les patients.

Bas et mesures de pression

Chaque patient à tout d'abord a été évalué sans compression puis aléatoirement avec un bas standard dégressif et bas progressif.

La compression standard exerce un profil de pression « dégressive » (CED) avec une diminution de la pression de 20 % au mollet par rapport à la cheville.

L'autre compression dite progressive (Progressiv® N'System, Pierre Fabre, Castres, France) **(CEP) exerce une pression moins importante à la cheville et une pression maximale au niveau du mollet (environ 50 % supérieure à celle de la cheville).**

- Toutes les évaluations sont effectuées le même jour pour chaque patient, avec un intervalle de 15 minutes entre chaque mesure.
- Les mesures sont réalisées 5 minutes après l'application de la compression.
- Le patient est au repos en position couchée dans une pièce, au calme, dans des conditions d'humidité et de température constantes.

Un nouvel instrument (Picopress®, Microlabitalia, Padoue, Italie) **a été utilisé pour mesurer la pression exercée par la compression élastique en simultané avec l'évaluation de la FE.**

Deux capteurs de pression (composés d'une sonde de pression plate en plastique de 5 cm de diamètre, remplie avec 2 mL d'air) ont été utilisés pour mesurer les pressions de l'extrémité distale de la jambe de façon synchrone, à environ 12 cm au-dessus de la malléole interne (point B1, qui est défini par la transition de la partie musculaire du gastrocnémien médial dans la partie tendineuse et proximale) et à la circonférence maximale du mollet (point C).

La pression sous compression est mesurée, en décubitus dorsal, en position debout et en continu pendant les exercices.

Statistiques

Dans cette étude, les valeurs médianes et les intervalles interquartiles ont été calculés.

Les tests non paramétriques de Friedman et de comparaison de Dunn ont été utilisés pour comparer les mesures répétées de FE pour les différents dispositifs de compression.

Le test de Pearson a été pris pour quantifier les corrélations. Les différences avec un $p < 0,05$ ont été considérées comme statistiquement significatives.

Les graphiques et les évaluations statistiques ont été générés à l'aide du *Graph PadPrism Software* (GraphePad, San Diego, CA).

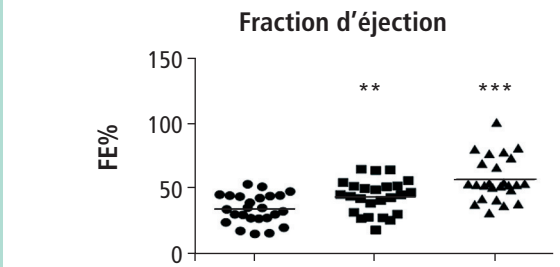
Résultats

Fraction d'éjection

Sans compression, la FE est de 33,92 % (IQR 27,16 à 44,31), ce qui est nettement inférieur à celui de nos valeurs normales chez des volontaires sains [médiane 65 % (IQR de 63,7 à 67,8)] [7].

La FE augmente de manière significative à 45,09 % (IQR 95 % de 31,03 à 51,73) avec le bas élastique de compression dégressive ($p < 0,01$) et à 52,74 % (IQR 95 % 45,29 à 70,91) avec le bas élastique de compression progressive ($p < 0,001$).

L'augmentation de la FE avec CEP est nettement supérieure à celle avec CED (Figure 1).

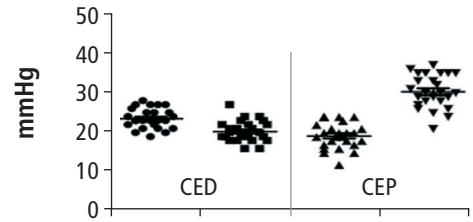


	À l'inclusion	CED	CEP
Minimum	15,35	18,35	31,21
25 % percentile	27,16	31,03	45,29
Médian	33,92	45,09	52,74
75 % percentile	44,31	51,73	70,91
Maximum	53,01	64,51	100,00

FIGURE 1 :** La fraction d'éjection, fortement réduite (à l'inclusion) chez les patients présentant une insuffisance veineuse, augmente de manière significative avec la compression élastique standard dégressive CED (** = $p < 0,01$) mais beaucoup plus encore avec la compressive élastique progressive CEP (= $p < 0,001$).*

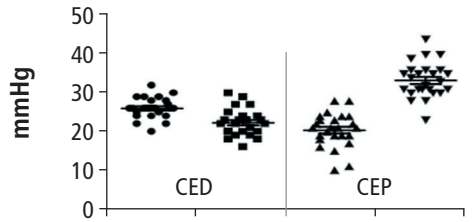
Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

A Pression d'interface en position couchée



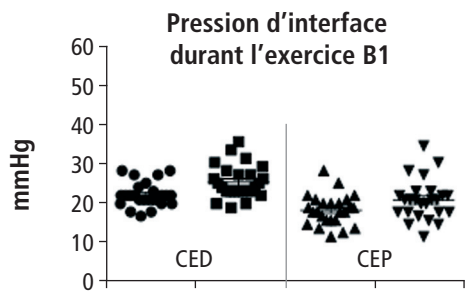
	B1	C	B1	C
Minimum	18,00	15,00	11,00	20,00
25 % percentile	20,50	17,50	16,00	26,50
Médian	22,00	19,00	18,00	29,00
75 % percentile	24,50	21,00	20,50	34,00
Maximum	27,00	26,00	23,00	36,00

B Pression d'interface en position debout

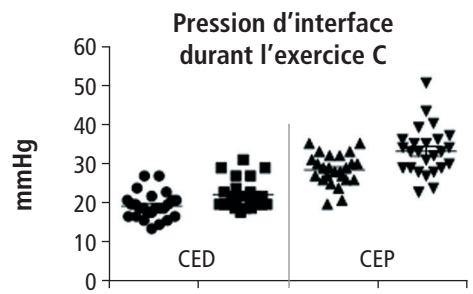


	B1	C	B1	C
Minimum	19,00	15,00	09,00	22,00
25 % percentile	23,50	19,00	17,50	29,50
Médian	25,00	21,00	20,00	32,00
75 % percentile	27,00	23,00	22,50	35,00
Maximum	31,00	29,00	27,00	43,00

A : La CED (compression élastique dégressive) montre un profil de pression décroissant du point B1 à C en position couchée. La CEP (compression élastique progressive) montre une baisse de pression à B1 et un profil de pression croissant entre B1 et C. B : Le même profil de pression est maintenu en position debout.



	Diastolique	Systolique	Diastolique	Systolique
Minimum	17,00	19,00	12,00	12,00
25 % percentile	20,50	23,00	16,00	18,00
Médian	22,00	24,00	18,00	21,00
75 % percentile	23,50	27,50	20,50	22,50
Maximum	28,00	35,00	28,00	34,00



	Diastolique	Systolique	Diastolique	Systolique
Minimum	13,00	17,00	19,00	22,00
25 % percentile	16,00	19,00	25,00	28,00
Médian	18,00	21,00	28,00	32,00
75 % percentile	20,00	22,50	30,50	35,00
Maximum	26,00	30,00	34,00	49,00

FIGURE 3 : Pendant l'exercice, l'écart de pression avec CEP est plus faible à B1 (gauche), mais significativement plus élevé à C (droit) par rapport à CED.

Mesure de la pression

La pression exercée et les gradients de pression exercés par le bas de compression standard et la compression progressive dans la position couchée sont complètement opposés.

Le bas de compression standard dégressive exerce une pression plus élevée au niveau de la cheville entre 18 et 27 mmHg (médiane de 22 mmHg ; IQR 20,5 à 24,5) et montre une diminution de la pression médiane de 14 % entre la jambe distale (point B1) et le mollet (point C).

À partir d'une pression basse au niveau de la cheville entre 11 et 23 mmHg (médiane de 18 mmHg ; IQR 16 à 20,5), le bas de compression progressive augmente son niveau de pression entre les points B1 et C de 57 %; ce qui est statistiquement significatif ($p < 0{,}0001$) **(Figure 2A)**.

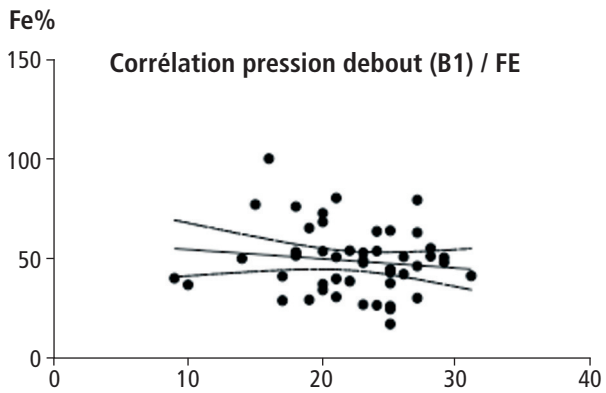
De plus en position debout, les pressions maximales se retrouvent au niveau du mollet pour le bas de compression progressive **(Figure 2B)**.

Ces pressions n'augmentent que sensiblement pendant l'exercice.

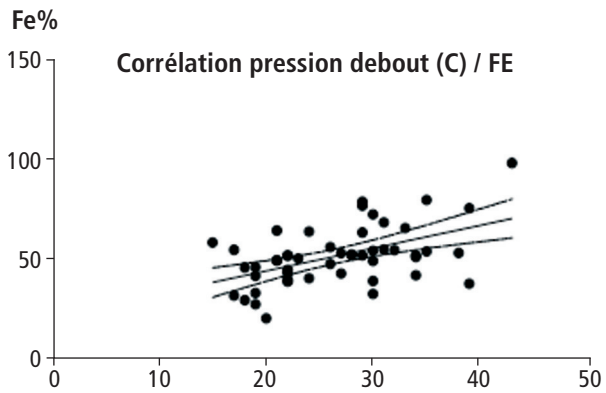
Les médianes de pressions les plus élevées sont enregistrées au point C avec le bas de compression progressive pendant l'exercice (32 mmHg) (la différence en comparaison avec le bas de compression dégressive est de $p < 0{,}001$) **(Figure 3)**.

La fraction d'éjection met en évidence une corrélation significative entre la fraction d'éjection (FE) et les pressions maximales pendant l'exercice à la position C (Pearson $r = 0{,}52$, $p < 0{,}0001$), mais pas en B1 **(Figure 4)**.

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises



Nombre de XY paires	50
Coefficient r de Bravais-Pearson	– 0,1323
Intervalle de confiance 95%	– 0,3961 à 0,1517
P-valeur (two-tailed)	0,3597
Sommaire de p valeur	NS
Corrélation significative ? (alpha = 0,05)	Non
R au carré	0,01750



Nombre de XY paires	50
Coefficient r de Bravais-Pearson	0,5157
Intervalle de confiance 95%	0,2771 à 0,6944
P-valeur (two-tailed)	0,0001
Sommaire de p valeur	***
Corrélation significative ? (alpha = 0,05)	Oui
R au carré	0,2660

FIGURE 4 : Fraction d'éjection est en corrélation avec la pression debout à C (droit) mais pas avec celle à B1 (gauche).

Discussion

La lutte contre l'hyperpression veineuse est l'une des cibles principales de la thérapeutique par la compression élastique dans l'insuffisance veineuse chronique.

La pression veineuse dans les veines des membres inférieurs correspond au poids de la colonne de sang entre le cœur droit et le point de mesure.

Par conséquent, elle diminue de la partie distale (cheville) vers les zones proximales (mollet et cuisse).

La valeur de la pression extérieure nécessaire pour s'opposer à la pression veineuse diminue par conséquent progressivement vers la zone proximale.

Le concept que tout type de compression externe de l'extrémité doit être « dégressif » est basé sur l'hypothèse que le flux s'oriente toujours d'un point distal avec une pression plus élevée à un point proximal avec pression plus basse. En outre, créer un gradient de pression « inversée » appliquant une compression plus élevée en position proximale (au niveau du mollet) pourrait perturber le retour veineux.

Même si cette hypothèse est valable pour la position de repos, ce n'est évidemment pas le cas chez un individu en mouvement, lorsque les contractions musculaires sont physiologiquement très élevées et induisent des pics de pression intraveineuse avec même de courtes phases d'obstruction veineuse, créant ainsi un gradient de pression inversé à chaque pas.

Des mesures de pression simultanées réalisées dans les veines superficielles montrent une réduction plus importante de la pression veineuse dans le pied en comparaison des veines du mollet, à la fois chez des volontaires sains, mais aussi chez des patients avec une insuffisance veineuse chronique superficielle [11].

Ces expériences montrent qu'il existe des phases avec une pression intraveineuse proximale plus élevée que distale, et montre également que le gradient de pression intraveineuse continue ne suit pas le principe physiologique chez un individu en mouvement.

Dans une étude précédente, utilisant des érythrocytes autologues marqués, il est démontré qu'en position verticale, le volume sanguin le plus élevé se situe dans la zone de mi-mollet, tandis que la masse de sang dans les parties distales de la jambe est plutôt faible [12].

La compression élastique externe ciblée sur le mollet augmente la pression exercée sur les veines locales pendant la systole musculaire et, par conséquent, l'important volume de sang stagnant dans le mollet est éliminé de façon plus efficace par rapport à la zone de la cheville, qui est compressé avec une pression inférieure.

En conclusion, notre étude montre qu'il existe une corrélation positive entre la fraction d'éjection (FE) en position debout et la pression maximale au niveau du mollet (point C), mais pas au niveau de la cheville (point B1) **(Figure 4)**.

En se référant aux normes de fabrication [1, 2], la pression d'un bas de compression exerçant 20 mmHg à la cheville devrait être de 10-14 mmHg (50-70 %) dans la région du mollet.

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

Pour être en conformité avec cette règlementation, une pression de 44-60 mmHg à la cheville serait nécessaire afin d'atteindre une pression de 30 mmHg au niveau du mollet.

Il se pourrait bien qu'une telle compression élastique dégressive aboutisse à la même efficacité ou à un degré plus élevé d'amélioration de la pompe veineuse, mais une compression avec cette pression élevée dans la région de la cheville serait très difficile à enfiler et pourrait être inconfortable au repos.

En fait, la comparaison entre les bas élastiques de compression dégressive et progressive dans un essai randomisé contrôlé a montré clairement que les bas élastiques de compression à pression dégressive avec une pression de repos d'environ 20 mmHg à la cheville sont plus difficiles à mettre et sont moins confortables que la compression avec une pression inférieure de la cheville et supérieure du mollet [5].

L'amélioration de la FE que l'on retrouve sous compression dégressive concorde avec les travaux publiés précédemment en utilisant la même méthodologie chez les patients présentant une insuffisance veineuse chronique comparable [7, 8, 9, 10].

Dans cette étude, il a été démontré que des pressions élevées au niveau du mollet, exercées par le bas élastique de compression progressive (29 mmHg couché et 32 mmHg pendant la marche) sont significativement plus efficaces pour améliorer la fonction de la pompe veineuse altérée, mais inefficaces pour restaurer une fraction d'éjection normale de la jambe, comme les bandages inélastiques qui exercent des pressions comparables au repos [7].

L'inconvénient généré par la mesure de la fraction d'éjection selon la technique décrite est la variabilité dans l'exécution des exercices de marche.

Cependant, puisque les mesures sont répétées sur le même individu sans changer le détecteur pléthysmographique, une reproductibilité satisfaisante a été obtenue dans des expériences précédentes (coefficients de variation de 7,5 %) [6].

Il faut souligner que nos mesures montrant une amélioration de la fonction de la pompe veineuse en utilisant la compression élastique progressive sont réalisées chez des patients mobiles avec une insuffisance veineuse chronique.

Des études complémentaires sont nécessaires pour clarifier le potentiel thérapeutique des bas élastiques de compression progressive (CEP) dans d'autres indications comme la thromboprophylaxie, l'œdème chronique, le lymphœdème ou le syndrome post-thrombotique.

Références

1. European Committee for Standardization (CEN): Adopted European Prestandard: Medical compression hosiery, ENV 12718, Brussels, 2001, CEN. Quality Assurance.
2. RAL-GZ 387/1. Medical Compression Hosiery. Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung E.V. Berlin : Beuth Verlag ; January 2008.
3. British Standards Institution. British standards specification for graduated compression hosiery. (BS 6612.) London : The Institution ; 1985.
4. Couzan S., Assante C., Laporte S., Mismetti P., Pouget J.F. Booster study: comparative evaluation of a new concept of elastic stockings in mild venous insufficiency. Presse Med. 2009 ; 38(3) : 355-61.
5. Garreau C., Pibourdin J.M., Nguyen Le C., Boisseau M.R. Elastic compression in golf competition. J. Mal. Vasc. 2008 Dec ; 33(4-5) : 250-1.
6. Poelkens F., Thijssen D.H., Kersten B., et al. Counteracting venous stasis during acute lower leg immobilization. Acta Physiol. 2006 ; 186(2) : 111-8.
7. Mosti G., Mattaliano V., Partsch H. Inelastic compression increases venous ejection fraction more than elastic bandages in patients with superficial venous reflux. Phlebology 2008 ; 23(6) : 287-94.
8. Mosti G., Partsch H. Is low compression pressure able to improve venous pumping function in patients with venous insufficiency? Phlebology 2010 Jun ; 25(3) : 145-50.
9. Mosti G., Partsch H. Inelastic bandages maintain their hemodynamic effectiveness over time despite significant pressure loss. J. Vasc. Surg. 2010 ; 52(4) : 925-31.
10. Mosti G., Partsch H. Measuring venous pumping function by strain-gauge plethysmography. Int. Angiol. 2010 ; 29(5) : 421-5.
11. Stranden E., Ogreid P., Seem E. Venous pressure gradients in patients with chronic venous disease. Phlebology 1986 ; 1 : 47-50.
12. Partsch H., Lofferer O., Mostbeck A. Zur Beurteilung der Lymph und Venenzirkulation am Bein mit und ohne Kompression. In: E. Zeitler "Aktuelle Probleme in der Angiologie". Bern, Stuttgart, Wien : Hans Huber Verlag ; 1973 : 169-75.