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

Phlébologie ANNALES VASCULAIRES 2014, 67, 4, p. 66-77

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHLÉBOLOGIE

La compression chez le sportif : du concept à la réalité.

Effets des vêtements de compression sur les performances sportives et la récupération après effort.

Compression in athletes: from concept to reality.

Effects of compression garments on athletic performance and recovery effort.

Mémoire DUP 2014

Mutel S., Benigni J.P.

Résumé

Depuis plusieurs années maintenant, les athlètes de haut niveau comme les sportifs amateurs utilisent des vêtements de compression dans le but d'améliorer leurs performances et d'accélérer la phase de récupération.

En effet, les chaussettes de compression sont un moyen thérapeutique couramment utilisé en médecine et tout particulièrement dans la prise en charge de la maladie veineuse chronique pour augmenter et accélérer le retour veineux.

On pourrait donc penser, en théorie, que l'accélération du flux sanguin pendant et après l'effort permettrait une meilleure oxygénation musculaire et faciliterait l'élimination de métabolites. Les études sur les effets de la compression sur le système veineux lors de la pratique d'un sport sont nombreuses, mais la littérature reste fragmentaire du fait d'une grande hétérogénéité entre les études et de résultats parfois discordants.

Aucun effet ergogénique significatif du port d'une compression n'a été démontré à l'effort.

Le port d'une compression élastique aurait une certaine efficacité sur les performances lors de la réalisation de sauts verticaux réalisés dans certaines conditions seulement et une telle efficacité n'a pas été retrouvée pour d'autres sports, en particulier les sports d'endurance (cyclisme, course à pied).

Des effets physiques et physiologiques ont été identifiés, comme une diminution des oscillations musculaires, de la demande musculaire en oxygène ou une amélioration de la proprioception, mais de telles données restent isolées.

Summary

For many years now, compression stockings have been used by elite and recreational athlete in the attempt of improving their performances and accelerate the recovering process.

In fact, compression stockings are commonly used in therapeutic medicine, especially in chronic venous disease to promote and increase venous return.

Therefore, one could think that improvement of venous return during and after exercise could facilitate muscles oxygen delivery and clearance of metabolites produced during exercise.

Studies published on the subject are numerous but the literature remains fragmented due to great heterogeneity among the studies and the results of the previous studies are controversial.

Compression stockings have demonstrated few ergogenic effects during exercise. They could possibly have a positive effet on jump performance in some situations, but we lack evidence of such influence for other forms of exercise including cycling, running, sprinting.

Specific physical and physiological effects have been identified, such as attenuation of muscles oscillation, decrease muscle oxygen intake, improved joint awareness, but such findings remains relatively isolated.

Séverine Mutel, médecin vasculaire, étudiante du DUP, auteur du mémoire.
E-mail : severine.mutel@gmail.com
Jean-Patrick Benigni, phlébologue, directeur du mémoire.
E-mail : benigni.jp@orange.fr

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

Il est cependant à noter qu'aucun des paramètres d'endurance, tels que la fréquence cardiaque, le travail cardiaque, la VO_2 max, n'ont été modifiés par le port d'une compression lors d'efforts intenses.

C'est pendant la phase de récupération que les données sont les plus concordantes, puisque le port d'une compression après l'effort augmenterait le retour veineux, diminuerait l'œdème post-exercice et les douleurs.

Mais ces résultats nécessitent confirmation.

Ainsi, cet article a pour objectif d'identifier les possibles mécanismes à l'origine des différents effets quantifiables à l'effort du port d'une compression sur les performances et la récupération.

Mots-clés : *vêtements de compression, sport, performances, récupération, muscles, hémodynamique veineuse.*

To be noticed that none of the endurance parameters, such as cardiac frequency, cardiac output, VO2 max, ... were unaffected by wearing compression garments during high intensity exercises.

During recovery, compression stockings have had mixed effects but there is some evidence for local blood flow augmentation, post-exercise swelling reduction and lower rating of perceived muscle soreness.

However, these positive results need confirmation.

Thus, the purpose of this text is to review the possible measurable effects of compression garments on exercise performance and muscle recovery.

Keywords : compression stockings, garments, sport, performances, recovery, muscles, venous hemodynamic.

Introduction

Depuis une vingtaine d'années environ, et avec une utilisation croissante, les athlètes de haut niveau comme les amateurs utilisent différents vêtements de compression.

Ils sont un moyen d'appliquer une pression mécanique sur la surface d'un segment du corps.

Le niveau de pression appliqué serait un reflet de l'utilité du vêtement, qui est d'atténuer l'inconfort induit par l'exercice ou d'aider à l'amélioration des performances.

- ***Des vêtements couvrant le bas du corps***, manchons, bas-jarrets, shorts et leggings avec des pressions dégressives sont surtout utilisés par les coureurs et les cyclistes pour améliorer les performances hémodynamiques, limiter la sensation de fatigue et les symptômes liés aux lésions musculaires modérées d'effort.
- ***Des vêtements couvrant le haut du corps*** sont recommandés pour améliorer la force maximale et la puissance lors d'exercices de musculation.
- ***Enfin des vêtements couvrant le corps entier*** sont portés pour augmenter simultanément une puissance de frappe et une vitesse de sprint (par exemple chez les joueurs de crickets).

Les vêtements de compression ont prouvé une certaine efficacité :

– dans l'amélioration de l'hémodynamique veineuse, de l'oxygénation des tissus profonds et de l'élimination des métabolites toxiques (les lactates en particulier) ;
– sur l'amélioration des performances lors d'exercices à force et puissance maximales et pendant la récupération.
– Cependant les performances physiques lors d'exercices d'intensité sous maximale ne semblent pas modifiées par le port de vêtements de compression.

La littérature sur ce sujet est fragmentaire. Les études sont très hétérogènes avec une variabilité concernant :

– le type, la durée, et l'intensité de l'exercice ;
– les échelles de mesures des niveaux d'exercice et des performances de récupération de la fonction physiologique ;
– le niveau d'entraînement des participants ; le type de vêtement, la surface corporelle couverte, les pressions appliquées, le temps de port exact des vêtements de compression.

Les bénéfices potentiels pourraient être liés à des effets physiques, physiologiques voire psychologiques, mais les mécanismes d'action eux-mêmes ne sont à l'heure actuelle pas clairement identifiés et les preuves scientifiques attestant du caractère ergogénique des vêtements de compression restent floues. Dans ces conditions, notre revue de la littérature a pour objectif :

– d'identifier les bénéfices du port d'une compression aux membres inférieurs sur l'endurance, la force de travail, la puissance et le contrôle moteur d'un exercice physique ;
– de quantifier les effets sur les paramètres physiologiques, psychologiques et biotechniques ;
– d'identifier les possibles mécanismes soutenant les résultats observés afin de pouvoir avoir une meilleure idée sur l'utilité *in fine* des vêtements de compression.

Rappel des principes et intérêts de la compression

Principes d'action de la compression

La compression se définit comme « la pression exercée par une orthèse élastique, qui agit sur un segment de membre de manière active au repos comme à l'effort » [1].

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

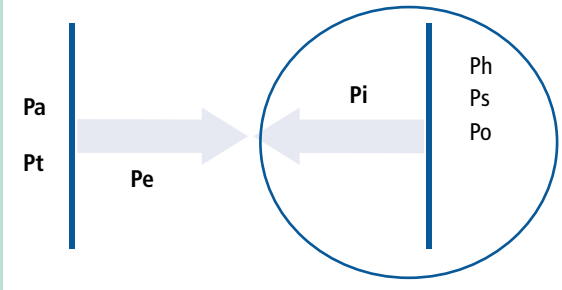


FIGURE 1 : Schématisation de la pression transmurale.

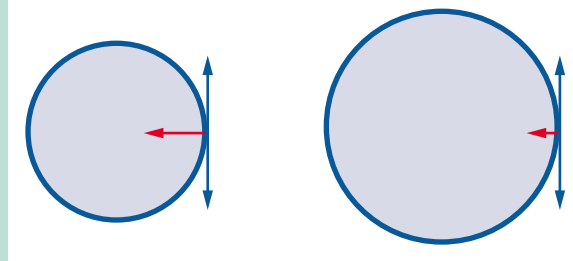


FIGURE 2 : Illustration de la loi de Laplace.
Source : http://slideplayer.fr/slide/1691762/

Le principe de la compression est de rétablir une pression transmurale* la plus normale possible en augmentant la pression tissulaire dans le but de limiter la dilatation et la stase veineuses et d'éliminer rapidement les toxines issues du métabolisme musculaire.

* La pression transmurale est la différence de pression entre la pression extravasculaire et la pression intravasculaire : PTM = PI – PE **(Figure 1)**.

PI est la pression intravasculaire. Elle correspond à la somme des pressions intraveineuses et intracapillaire. Elle dépend de la pression hydrostatique et oncotique, de la pression résiduelle et du fonctionnement des pompes musculaires (mollet et cuisse essentiellement).

PE est la pression extravasculaire. Elle correspond à la somme des pressions extraveineuses et extracapillaires. Elle est composée de la pression tissulaire et de la pression atmosphérique [2].

La force exercée par la pression externe d'un dispositif de compression est proportionnelle à la tension du moyen de compression (T) et inversement proportionnelle au rayon courbure (R) de la surface comprimée. **C'est la loi de Laplace : P = R / T**.

Ainsi, à force de traction égale, la pression exercée sur la surface d'un cylindre diminue quand le rayon de courbure augmente **(Figure 2)**.

Aux membres inférieurs, la pression exercée par le dispositif de compression dépend également des variations de forme (le volume varie très peu à cause des aponévroses inélastiques) de la masse musculaire du mollet **et de l'indice de rigidité du vêtement** ou **Static Stifness Index (SSI)** [25].

En effet, on distingue :
- la pression de repos, pression qu'exerce le vêtement lorsque les muscles sont relâchés ;
- la pression de travail, qui est induite par la résistance du vêtement à l'augmentation du volume de la jambe lors de la contraction musculaire. Plus un vêtement de compression est rigide, plus on aura un effet hémodynamique important.

$$SSI = \Delta P / \Delta C$$

Effets hémodynamiques de la compression

D'une manière générale, la compression lutte contre l'hyperpression veineuse à la fois dans sa composante hydrostatique (par la pression exercée sur les vaisseaux d'un sujet immobile) et dans sa composante hydrodynamique (faite des variations de pression exercées sur les vaisseaux lors de la mobilisation musculaire) [26].

Elle agit à deux niveaux :

- ***au niveau microcirculatoire*** où la réduction de pression transmurale facilite le drainage (nécessite des faibles pressions) ;
- ***au niveau macrocirculatoire*** où elle vise à accentuer un flux veineux dont la vitesse est inversement proportionnelle à la pression transmurale (nécessite des pressions élevées) [26].

Il a été démontré que la compression du mollet est particulièrement déterminante dans l'amélioration du retour veineux [27].

- ***Au repos (clinostatisme et orthostatisme), la compression induit au niveau du système veineux, à des degrés variables selon la morphologie individuelle et l'adaptation du vêtement au sujet :***
  - une réduction du diamètre des veines superficielles (nécessite des pressions élevées) et profondes (survient dès l'application d'une pression de 22 mmHg en cheville [5, 27, 28] ;
  - une restauration de la fonction valvulaire et correction d'un reflux ;
  - une augmentation corollaire de la vitesse du flux veineux ;
  - une diminution de la stase veineuse ;
  - une diminution des pressions veineuses ;
  - une augmentation de la pression tissulaire ;
  - une amélioration de la saturation et la conservation des apports en d'O_2 ;
  - une augmentation du drainage lymphatique sous-aponévrotique.

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

- ***Au niveau artériel***, on note une amélioration de la circulation en cas d'œdème et tant que l'IPCS est supérieur ou égal à 0,55.
- **Au niveau des tissus, la compression :**
  - réduit l'œdème interstitiel,
  - réduit l'inflammation locale et soutient les processus réparateurs,
  - améliore les mouvements des tendons et des articulations.
- ***En orthodynamisme, la compression permet :***
  - une réduction persistante du calibre veineux mais moindre par rapport à la position de repos ;
  - une amélioration de la pompe musculo-aponévrotique par augmentation du volume d'éjection de chasse surale et du temps de remplissage [19] ;
  - une diminution de la pression veineuse ambulatoire ;

Intérêt des dispositifs de compression chez le sportif

L'objectif de la compression, en l'absence de reflux veineux, est l'amélioration de la microcirculation [5] **:**
- par un accroissement du flux dans les capillaires,
- par une diminution du taux de filtration capillaire,
- par une augmentation de la résorption du liquide intratissulaire par l'accroissement de la pression sur les tissus,
- par une amélioration du drainage lymphatique,
- par une atténuation des symptômes dit « veineux ».

L'action du dispositif est mécanique. Il utilise le principe de l'hystérésis qui est défini par la courbe d'étirement - détente d'un corps élastique. La transmission de la pression de ces dispositifs vers le système vasculaire est indirecte [28].

Le fonctionnement des muscles et des veines des membres inférieurs donnent lieu à ce paradoxe : l'activité sportive est jugée favorable au drainage veineux mais certains sports seraient susceptibles de conduire progressivement à une altération du système veineux.

- **Les sports jugés bénéfiques pour le retour veineux sont :**
  - la natation,
  - la marche,
  - le cyclisme sur terrain peu accidenté,
  - le jogging sans forcer et sur sols mous,
  - le yoga, la gymnastique classique,
  - le ski de fond ou de randonnée d'intensité modérée.

Ces activités doivent cependant être effectuées dans certaines conditions, rarement retrouvées dans la pratique courante pour ne pas nuire au retour veineux [19].

- **D'autres sports sont considérés comme « à risque » pour le système veineux, ce sont notamment :**
  - **les sports dits à impulsion :** squash, tennis, basket, volley, car chaque arrêt en course projette la colonne sanguine vers le bas en surchargeant les valvules et en agressant les parois [7] ;
  - **les sports statiques :** pétanque, tir, voile ;
  - **les sports augmentant la pression abdominale :** haltérophilie, musculation ;
  - **les sports bloquant la pompe musculaire du mollet :** ski alpin [5].

Ainsi la plupart des sports combinent différents paramètres favorisant la stase veineuse [20] **:**
- un déséquilibre de la pompe foulante - aspirante lors d'efforts prolongés (endurance) ;
- des à-coups d'hyperpression veineuse lors de sports à impulsions ;
- un blocage du retour veineux lors d'efforts brutaux, explosifs, statiques en respiration bloquée ou en apnée ;
- des positions prolongées, associées à la contraction musculaire ou les équipements compressifs et ralentissant le retour veineux ;
- il faut également mentionner les traumatismes fréquents et répétitifs à l'origine d'hématomes et microthromboses, favorisant les dilatations veineuses, les atteintes pariétales et valvulaires.

De plus, dans les années qui suivent l'arrêt d'une pratique sportive intensive, l'augmentation du diamètre des veines jumelles, conséquence initiale de l'augmentation du débit sanguin au cours de l'effort, peut induire, si l'entraînement sportif n'est pas maintenu, une hyperpression intraveineuse.

Ceci explique les poussées d'insuffisance veineuse que l'on observe après l'arrêt de la pratique intensive d'un sport [7]**.**

Au vu de l'ensemble de ces éléments, le port d'un dispositif de compression semble tout indiqué chez le sportif.

Cependant, seules deux études ont pu démontrer une amélioration des performances sportives et de la récupération avec le port de vêtements de compression élastique [30, 32]**.**

Les vêtements de compression qui sont ainsi fabriqués et distribués à grand renfort de marketing pour leurs effets sur les performances et la récupération après effort, le sont en dépit du manque de preuves scientifiques sérieuses et suffisantes [6]**.**

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 différents systèmes de compression appliqués chez les sportifs

Vêtements de compression couvrant le bas du corps sur différentes hauteurs

Les chaussettes



© http://fr.compressionzone

Elles couvrent le pied et le mollet jusqu'au dessous du pli poplité.

Les pressions sont progressives ou dégressives. Elles sont utilisées soit à l'effort soit en récupération.

De nombreuses marques les commercialisent : BVSport®, Mediast®, Compression zone®, Bauerfeind®, Crossgen®, Technosocks®, Salomon®, Compresport®, 2XU®, Skins®, Nike®, Asics®, Thuasne.

Les manchons



© http://fr.bvsport.com/category/les-temoignages-des-athletes/page/4/

Ce sont des vêtements de compression couvrant le mollet depuis la cheville jusqu'au creux poplité avec des pression progressives : Medilast®, Booster® de BVSport®, Compresports®, 2XUé.



© http://fr.bvsport.com

Les collants

Ils couvrent les jambes dans leur totalité, depuis le pied jusqu'à la taille.

Les shorts / corsaires



© http://fr.bvsport.com

Ils couvrent le haut des membres inférieurs depuis la taille jusqu'au-dessus ou au-dessous du genou.



© http://fr.compressionzone

Les cuissards

Ce sont des manchons ne couvrant que les cuisses.

Les pantalons

Ils couvrent les jambes de haut en bas depuis la cheville jusqu'à la taille.

Ils sont surtout utilisés :

- par les coureurs (endurance ou sprint) ;
- les cyclistes ;
- les joueurs de sports collectifs : rugbymen, footballeurs, joueurs de basket, volleyeurs ;
- les patineurs de vitesse ;
- les skieurs alpins.



Vêtements de compression couvrant le haut du corps

Les T-shirts

Ils couvrent le haut du corps, le torse et le haut des bras ou les bras jusqu'aux poignets.



Les manchons



© http://fr.compressionzone

Ils ne couvrent que les bras.

Les vêtements couvrant le haut du corps peuvent être utilisés lors d'exercices de musculation :

- par les kayakistes,
- les joueurs de tennis,
- les lanceurs de disques,
- les joueurs de squash...

Vêtements de compression complets

Les combinaisons



Elles couvrent l'ensemble du corps plus ou moins complètement (manches courtes ou longues, short ou pantalon).

L'association de plusieurs vêtements de compression est également répandue.



© http://fr.bvsport.com/category/les-temoignages-des-athletes/page/4/

Les vêtements couvrant l'ensemble du corps peuvent être portés par les joueurs de cricket par exemple [35].

Les principes physiques et les effets hémodynamiques de la compression sur le système veineux ont depuis longtemps démontré leurs effets bénéfiques dans la pathologie veineuse

Chez le sportif, la compression veineuse doit être spécifique, adaptée à la physiologie du sportif et donc différente de celle de l'insuffisant veineux [22].

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

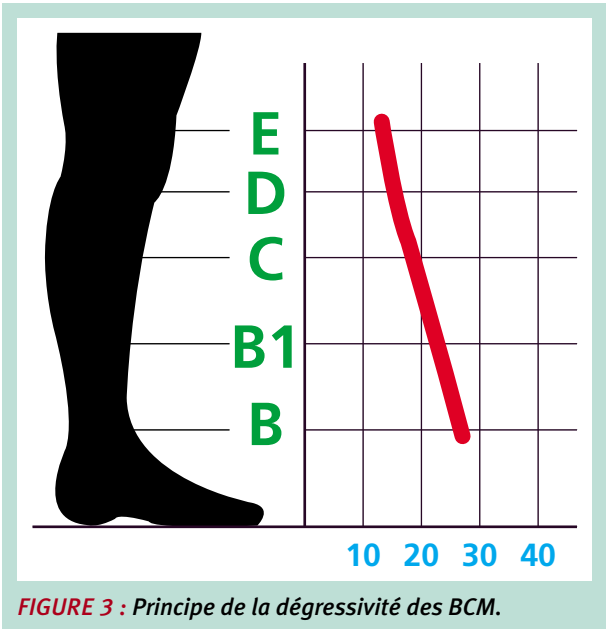


FIGURE 3 : Principe de la dégressivité des BCM.

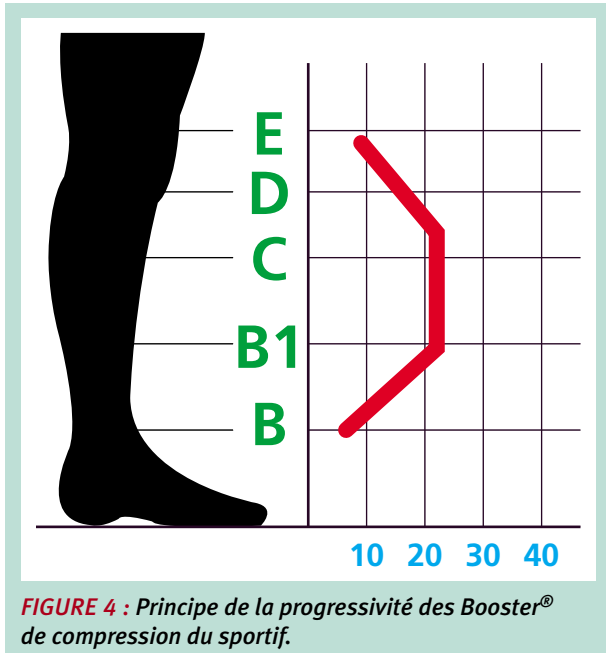


FIGURE 4 : Principe de la progressivité des Booster® de compression du sportif.

Pour les bas de compression médicaux (BCM), utilisés dans la maladie veineuse chronique, la réglementation oblige au respect de certaines normes, dont un principe de dégressivité des pressions de « bas en haut »avec des pressions maximales en cheville **(Figure 3)**.

En effet, le dispositif doit délivrer une contre-pression là où la pression est la plus forte (en cheville) et respecter le flux sanguin centripète (de bas en haut). La pression délivrée en cheville est fonction de la classe du BCM.

Chez le sportif, les zones du pied et de la cheville sont déjà soumises à une compression externe. L'amélioration des caractéristiques podologiques des chaussures de sport permet également d'assurer une bonne dynamique de la semelle plantaire.

L'absence de maladie veineuse et la présence d'une importante musculature des membres inférieurs permettent une bonne dynamique de retour veineux chez le sportif pendant l'exercice physique [19, 20]. Il est à noter qu'à la course ou à la marche, la pression intramusculaire dépasse 250 mmHg [27].

La compression élastique appliquée chez le sportif ne semble donc pas devoir répondre aux mêmes caractéristiques que celles des BCM, en particulier en ce qui concerne la dégressivité.

La compression serait optimale en étant progressive : la pression maximale étant appliquée au mollet, et les pressions plus faibles se situant au niveau du pied et de la cheville.

D'un point de vue hémodynamique, la compression veineuse progressive va donc permettre de s'opposer à l'hyperdistensibilité veineuse, et favoriser la contraction longitudinale du mollet.

L'efficacité hémodynamique de ce type de compression est à la base de la conception des vêtements de compression BVS (Booster Vein Sport) [7, 19, 20] **(Figure 4)**.

Analyse des propriétés des vêtements de compression utilisés chez les sportifs

Les pressions appliquées à la surface du corps sont en premier lieu basées sur les propriétés mécaniques du vêtement de compression, comme nous l'avons vu plus haut.

Ces propriétés mécaniques sont, elles-mêmes, issues des propriétés du tissus de compression et de l'adaptation du vêtement au sportif.

En effet, les propriétés mécaniques des vêtements, et plus particulièrement celles liées à l'hystérèse, sont importantes pour le maintien d'une compression efficace tout au long d'un entraînement, mais également au fur et à mesure de l'utilisation.

L'adaptation d'un vêtement de compression à un individu est toute aussi importante pour son efficacité, hors les tailles sont basées sur des standards anthropométriques et les pressions délivrées fournies par le fabriquant, sont valables pour une adaptation optimale du vêtement au sujet.

Ces conditions optimales ne sont que rarement retrouvées dans la réalité en raison des variations morphologiques individuelles dans un groupe de sportifs portant une même taille de vêtements.

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 propriétés physiques des vêtements de compression ont également des effets physiologiques important tels que le transfert de chaleur et d'humidité.

Cependant, très peu d'études concernant spécifiquement la compréhension des propriétés mécaniques et physiques des vêtements de compression du sportif sont disponibles ; de même que les caractéristiques des vêtements de compression (structure du tissu, type de fibre, grammage, courbe d'hystérésis, zones de pression, niveau de pression) sont rarement détaillées dans les études publiées.

Étude de la réalité scientifique de leur efficacité au travers de la littérature

Le sport est bénéfique sur le retour veineux mais uniquement dans certaines conditions. En effet, le type de sport, son intensité, sa durée ainsi que le manque d'entraînement du sportif ou l'insuffisance des temps de récupération sont des paramètres détériorant ou aggravant l'état veineux [19, 20]**.**

Les études sur le rôle du sport et de la compression sur le système veineux commencent à être assez nombreuses mais très hétérogènes et les résultats discordants.

Les BCM sont utilisés dans la maladie veineuse pour augmenter le retour veineux.

On pourrait donc en théorie, penser que l'accélération du flux sanguin chez les sportifs pourrait augmenter l'apport d'oxygène aux muscles actifs et éliminer plus rapidement les toxines, ce qui par conséquent améliorerait les performances physiques et la récupération.

Le but de cette revue de la littérature et donc de faire la part des choses :

- **entre le concept** : de par ses propriétés physiques et hémodynamiques, la compression portée par le sportif est bénéfique, en améliorant ses performances et raccourcissant sa phase de récupération ;
- **et la réalité** : quel est l'impact réel de la compression sur les paramètres mesurables d'un exercice physique (paramètres cardio-vasculaires, respiratoires, métaboliques), pendant l'effort et en phase de récupération ?

Ce travail a pour base deux revues bibliographiques [35, 36] **dont les résultats ont été complétés par des données plus récentes.**

Effets des vêtements de compression à l'exercice

Sur les performances sportives

Relativement peu d'effets ergonomiques ont été démontrés par le port d'une compression à l'exercice.

Aucun des paramètres d'endurance n'ont été modifiés significativement par le port de vêtements de compression [35]. Tels que :

- la VO_2 max,
- ou la VO_2 sous maximale,
- le lactate sanguin durant un exercice continu,
- les gaz du sang (saturation et la pression partielle en O_2),
- ou les paramètres cardiaques (FC, travail cardiaque, index cardiaque, VES).

Le saut est la situation dans laquelle les vêtements de compression ont démontré une certaine efficacité, surtout quand ceux-ci étaient réalisés après un effort d'endurance [37]**.**

- **Rugg et al.** [38] ont montré que la hauteur des sauts avec contre-mouvement après une course était significativement meilleure chez les sujets portant un collant de compression. Il s'y associait un plus faible niveau de fatigue perçue et un meilleur confort.
- **Doan et al.** [31] ont également observé une diminution de l'oscillation des muscles de la cuisse lors de l'amortissement de sauts verticaux et une augmentation de la hauteur de sauts lors de la réalisation d'un saut maximal avec contre-mouvement. Les auteurs attribuent ce gain de performance à l'élasticité du vêtement qui aurait pu augmenter la force propulsive.
- Par contre, pour **Kraemer et al.** [39], le port de vêtements de compression n'a démontré aucun effet significatif en ce qui concerne la puissance des sauts verticaux chez des sujets, entraînés ou non.
- Dans de nombreux articles, **Kraemer et al.** [39], **Duffield et al.** [40], **Faulkner et al.** [41], l'effort était représenté par des épreuves de sprint : 60 m [31], sprints successifs 400 m [41]. Les performances athlétiques au sprint n'ont globalement pas été améliorées par le port de vêtements de compression.
- Dans la majorité des études, des épreuves d'endurance (course, cyclisme) ont été utilisées pour juger des bénéfices d'une compression sur les performances des athlètes. Là encore, la majorité des études ne montrent aucune amélioration significative des performances chez les sujets portant une compression [42, 43].
- De même, ni le temps jusqu'à épuisement au cours d'une course d'endurance au maximum de la VO_2 [44], ni la puissance de travail chez les cyclistes entraînés ayant atteint leur VO_2 max [45] n'étaient modifiés par le port de vêtements de compression.
- Une étude se détache du lot, celle de **Kremmler et al.** [46] qui a montré que le temps de course jusqu'à épuisement, et donc le travail total, était plus long chez les sportifs portant un vêtement de compression de type corsaire.

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

Dans cette étude, les pressions rapportées (mais non mesurées) de 24 mmHg à la cheville et 18-20 mmHg au mollet étaient un peu plus importantes que dans les autres études, respectivement 18-8 mmHg [44], et 20-17 mmHg (mesurées) [45].

- Par contre, le temps d'exercice à puissance sous maximale semble favorablement influencé par le port d'une compression [45, 46].
- Peu d'études se sont intéressées spécifiquement aux vêtements de compression couvrant le haut du corps. Aucun effet bénéfique n'a été retrouvé par **Dascombe B. et al.** [47] sur les performances de kayakistes.
- Aucun effet n'a également été noté sur l'équilibre, la proprioception ou les tremblements des bas lors de développés-couchés en musculation [35].
- **Sperlich B. et al.** [48] n'ont pas non plus retrouvé d'effet positif d'une compression du haut du corps sur les performances globales lors de sprints répétés chez des athlètes entraînés.

Il est à noter qu'aucune étude n'a cependant reporté de détérioration d'aucun des paramètres de performance avec le port de vêtement de compression, et cela quel que soit le type, la surface couverte ou le niveau de compression.

Sur les paramètres cardio-respiratoires

- **Dascombe B.J. et al.** ont montré que le port d'une compression élastique aux membres inférieurs avait un effet bénéfique sur un petit nombre de paramètres cardio-vasculaires, respiratoires et périphériques :
  - augmentation de la consommation en oxygène ;
  - augmentation de l'index d'oxygénation des tissus (TOI) lors d'effort d'intensité modérée ;
  - augmentation du flux sanguin régional ;
  - diminution significative de la FC et du TOI lors d'exercice de forte intensité.

  Cependant, ces bénéfices apparaissent triviaux aux athlètes, puisqu'ils ne s'accompagnent pas d'une amélioration de l'endurance [49].
- **L'étude de Sperlich B. et al.** n'a montré aucune différence significative du port d'une compression sur les nombreux paramètres cardio-respiratoires étudiés qui étaient :
  - le travail et l'index cardiaque,
  - la FC,
  - le VES,
  - la différence artério-veineuse en oxygène,
  - la VO_2 max,
  - et la saturation artérielle en oxygène [50].
- **La compression pourrait, selon Bringard A. et al.**, diminuer la demande musculaire en oxygène lors d'efforts d'intensité sous maximale [51].

  Cet effet bénéfique serait dû à une meilleure proprioception (réduction des oscillations musculaires) et coordination musculaire ainsi qu'à une amélioration de la circulation sanguine.
- **Cela n'a pas été confirmé par Sperlich B. et al.** [50] : ni la VO_2 max, ni le pic de VO_2 n'ont été modifiés significativement par le port de vêtements de compression lors d'exercices d'intensité sous maximale continue [30, 44, 45, 49, 50].

Sur la thermorégulation

On ne sera pas surpris d'apprendre que la température corporelle sous le vêtement de compression est augmentée après un effort prolongé en conditions atmosphériques intermédiaires (15-17 °C) [31, 39, 51]. Il n'y a cependant pas de répercussion de cette augmentation locale de température, sur la température corporelle centrale.

Sur la proprioception et les oscillations musculaires

Les preuves sont assez concordantes pour dire que le port de vêtements de compression améliore la proprioception [39, 52].

Les auteurs suggèrent que cet effet de la compression agirait par l'intermédiaire de récepteurs cutanés.

Le port de vêtements de compression semble diminuer, au moins lors de sauts verticaux, les oscillations musculaires [39].

Cela reste à confirmer pour des exercices d'endurance comme la course [37].

Effet placebo

L'effet placebo est difficilement contrôlable et, quand des différences modestes entre des performances sont mises en évidence, il n'est pas toujours évident de déterminer de l'influence de l'effet physiologique de l'effet placebo [37].

Nonobstant un effet placebo, les bénéfices psycho-physiques du port de vêtements de compression peut participer à l'amélioration des performances comme dans l'étude de **Kraemer et al.** où le port de vêtements de compression était coté comme ayant fait une différence « modeste » à « importante » dans la réalisation de sauts après un exercice d'endurance.

De tels bénéfices ne sont toutefois pas retrouvés de manière aussi marquée dans la perception de l'effort lors de courses ou de sprints [30, 40, 42, 51, 52, 53].

Sur le système cardio-vasculaire

L'effet le plus médiatisé de la compression du sportif est l'amélioration de la fonction cardio-vasculaire.

Cependant, l'influence du port de vêtements de compression sur la fonction cardiaque à l'effort a été essentiellement étudiée par le biais de la fréquence cardiaque, qui finalement varie peu sous l'influence d'une compression.

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

Aucune étude ayant démontré que le port d'une compression améliorait à l'effort, le flux sanguin local ou systémique (retour veineux inclus), n'a été identifiée [37].

En effet, les études sur les effets d'une compression (vitesse du flux sanguin veineux, aire de section veineuse, effets physiques de la compression sur le système veineux) sont réalisées chez des sujets en position couchée ou en orthostatisme immobile.

Or ces données recueillies chez des sujets statiques ne peuvent être extrapolées aux conditions hémodynamiques d'un exercice réalisé à une intensité d'entraînement ou de compétition.

Il n'y a pas d'étude publiée à ce jour sur l'impact du port de vêtements de compression sur la fonction lymphatique à l'effort.

Effets sur la récupération

Là encore, l'hétérogénéité des résultats est frappante et pourrait refléter les variations d'intensité, de durée et du type d'effort ayant précédé la phase de récupération ; mais aussi le niveau d'entraînement des sujets, ainsi que le nombre de zones couvertes par les vêtements de compression, les pressions appliquées et la durée de port.

Différents effets de la compression en phase de récupération ont été mis en évidence incluant :

- une atténuation des sensations de fatigue physiologique et mécanique liées à l'effort ;
- une élimination facilitée des métabolites musculaires ;
- une réduction de l'œdème et des douleurs musculaires ;
- une réparation cellulaire optimisée ;
- et par conséquent une amélioration des performances lors d'exercices ultérieurs [37].

Dans la plupart des études, les vêtements de compression ont été portés pendant et/ou après l'effort.

Aucun effet bénéfique de la compression sur la phase de récupération n'a été mis en évidence si celle-ci n'était portée que pendant l'effort [53].

Effets sur les performances ultérieures

C'est un des effets les plus attendus de la compression en phase de récupération : que les performances suivantes soient améliorées.

Cela a pu être démontré pour des exercices de contractions excentriques des muscles fléchisseurs du coude ; le port de manchons de compression aux membres supérieurs améliorait la puissance maximale musculaire lors d'exercices ultérieurs.

De même, la hauteur des sauts avec contre-mouvement et des sauts verticaux (soit la puissance des muscles extenseurs du genou) était plus importante 24 à 96 heures après des exercices pliométriques avec charge verticale lorsqu'une compression était portée pendant 12 heures après un premier exercice [34].

Cependant, d'autres études concernant la réalisation de sauts avec contre-mouvement, de squats, d'épreuves de sprint, de course, n'ont pas montré de différence significative sur les performances ultérieures si une compression était portée pendant la phase de récupération [54].

Effets sur l'élimination des métabolites musculaires

Berry et **McMurray** [44] sont les premiers à avoir publié une étude sur l'effet du port d'une compression au mollet (pressions de 18 mmHg sur la cheville et 8 mmHg sur le mollet) sur la cinétique de récupération des lactates chez des sujets sains sportifs de haut niveau au décours d'un test d'effort maximal (VO_2 max).

Les résultats montrent une diminution significative du taux de lactates sanguins dans les 15 premières minutes post-exercice avec le port d'une compression pendant l'exercice et la récupération.

Cependant, quand la compression était portée uniquement pendant l'exercice, la concentration de lactate post-exercice était significativement plus élevée. Ceci a conduit les auteurs à conclure que les bas de compression pourraient réduire la diffusion du lactate hors du lit musculaire après l'exercice. En d'autres termes, le lactate serait retenu dans le muscle, probablement à cause d'une inversion du gradient de pression.

Cette étude est régulièrement citée pour mettre en avant les effets bénéfiques du port de bas de contention à l'exercice.

Cependant, le premier résultat est toujours mis en avant, alors que la conclusion générale des auteurs, faisant état d'une augmentation de la concentration de lactate, est souvent passée sous silence [7, 30].

L'utilisation d'un vêtement de compression plus long, couvrant l'ensemble des jambes, n'entraîne aucune différence dans la concentration de lactates 2 heures après des sprints répétés et des exercices pliométriques de sauts [54], de même que dans les 10-15 minutes après un match de 80 minutes [53].

D'autres métabolites musculaires ont été étudiés pour juger de l'efficacité d'une compression élastique sur la récupération musculaire.

Ainsi, grâce à la spectroscopie par résonance magnétique au phosphore 31, des auteurs ont pu mettre en évidence des concentrations intramusculaires de phosphodiesters plus élevées, 1 heure après des exercices excentriques, chez des sujets portant une compression par collant délivrant 10 mmHg de pression à la cheville et 17 mmHg au mollet.

Ceci serait le témoin d'une amélioration du renouvellement de la membrane cellulaire du muscle et d'une accélération des processus inflammatoires [56].

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

Cependant, cette étude n'a révélé aucun effet de la compression sur les douleurs musculaires retardées.

L'utilisation des protéines myocellulaires comme marqueurs de l'inflammation et des microlésions musculaires n'a pas donné de résultats probants.

En effet, selon les études les concentrations en lactate deshydrogénase (LDH) et en créatine kinase (CK) pouvaient être soit augmentées [40], soit non modifiées [34, 54, 55].

Il a été suggéré que les différents types d'exercices effectués pour induire les lésions musculaires, et donc la quantité de protéines spécifiques relarguées, pouvaient être à l'origine de ces résultats discordants [37].

Effets sur les douleurs

Les douleurs musculaires post-effort, sont consécutives aux lésions musculaires induites par l'exercice.

Plusieurs études ont démontré un bénéfice de la compression sur le niveau ressenti des douleurs, en particulier sur les douleurs musculaires retardées (*Delayed Onset Muscle Soreness* - DOMS) [30, 31, 34, 40, 54, 55].

Ces DOMS surviennent en moyenne 24-72 heures après l'effort et sont la combinaison de plusieurs facteurs (œdème, sous-produits de l'inflammation, toxines). Le port d'une compression pendant et/ou après l'effort a montré une atténuation relative des DOMS entre 0 et 72 heures après la fin d'un exercice [40, 55, 56, 57].

Conclusion

Les vêtements de compression sont sans conteste très populaires chez les athlètes de haut niveau comme chez les sportifs amateurs. Ils en attendent une amélioration de leurs performances et une meilleure qualité de récupération, et n'hésitent pas à multiplier les zones de compression jusqu'à porter des vêtements compressifs sur l'ensemble du corps.

Cependant, ce que nous a appris cette revue de la littérature est que, finalement, ces vêtements de compression ont un effet physiologique et un impact limités sur les performances ; en même temps, ils n'ont pas d'effet négatif sur ces paramètres.

Des tendances semblent néanmoins se profiler : le port de vêtements de compression diminuerait les oscillations musculaires et la demande musculaire en oxygène et améliorerait la proprioception, surtout pour des efforts intermittents à haute intensité (répétition de sprints, sauts) plutôt qu'à l'endurance sous maximale.

En phase de récupération, le port de vêtements de compression augmenterait le retour veineux, et par là-même l'élimination des métabolites de l'exercice, diminuerait l'œdème post-exercice et les douleurs.

Mais les résultats sont souvent isolés et nécessitent confirmation ; à l'inverse, d'autres données sont multiples mais contradictoires.

Les études sur le sujet sont assez nombreuses, mais restent très hétérogènes sur les paramètres étudiés, ce qui rend l'établissement d'un consensus compliqué et ce d'autant plus que le type de compression, le ou les segments comprimés et la durée de port sont très variables, voire non rapportés. Il est en effet hasardeux de vouloir appliquer les résultats d'un type d'exercice ou d'une cohorte (p.e. le sprint, athlètes de haut niveau) à une autre population et un autre sport (p.e. course d'endurance, coureurs de loisir).

Du point de vue purement scientifique, aucune recommandation solide et opposable ne peut être établie à partir des données actuelles de la littérature.

Des études plus comparables sont nécessaires pour identifier les paramètres les plus fréquemment influencés par le port de vêtements de compression :

- et savoir si le niveau d'entraînement influence les résultats ;
- pour établir l'influence de différents niveaux de pression ;
- et définir si le type de vêtement (la surface corporelle couverte) a une influence quelconque ;
- évaluer le pérennité des résultats au cours de l'utilisation (lavage, fréquence, durée d'utilisation) ;
- enfin identifier les mécanismes physiques et/ou psychologiques influençant les performances et la récupération.

Il ne faut cependant pas négliger tout l'intérêt psychologique des vêtements de compression, chez les athlètes qui mettent leur corps et leurs muscles à rude épreuve et pour qui le « mental » est primordial.

En effet, la simple sensation d'une diminution de la fatigue ou des douleurs musculaires post-effort pourrait « booster » la vitalité mentale du sportif. L'effet placebo des vêtements de compression prend alors ici tout son intérêt.

D'un point de vue pratique, l'avantage de ces vêtements de compression est qu'ils sont facilement utilisables, non iatrogènes et financièrement accessibles. Savoir si l'amélioration des performances athlétiques sera à hauteur de l'investissement reste encore à démontrer.

Références

1. Perez-Martin A., Faure S., Schuster-Beck I., et al. Physiologie cardio-vasculaire, Traité de médecine vasculaire, Tome 1 : Ed. Elsevier Masson. 2010
2. Letac B. www.cardio-vasculaire.fr/product/_EAN_9782729805845_P_84.84/b... Pathologie cardio-vasculaire. Connaissances de base. Paru le 12/09/2001 chez Ellipses.

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

3. Dr Vandewelle. Adaptation cardio-vasculaire à l'exercice. Présentation PowerPoint®, Diplôme universitaire de cardiologie du sport, CHUPS-Jussieu, Faculté de médecine Pierre et Marie Curie, 2009.
4. Vin F., Schadeck M. La maladie veineuse superficielle. Paris : Éd. Masson. 1990
5. Ramelet A.-A., Perrin M., Kern P., Bounameaux H. Phlébologie. Paris : Éd. Masson, 5e éd. 2006
6. Astrand P.O., Rodhal K. Précis de l'exercice musculaire. Paris : Éd. Masson. 1994.
7. Rimaud D. Effets cardio-vasculaires et métaboliques de la contention veineuse. Études au repos, à l'exercice et post-exercice, chez des sujets sains sportifs et des sujets blessés médullaires. Thèse de doctorat en médecine, Université de Saint-Étienne,2007.
8. Dauzat M., al. Manuel de physiologie cardiovasculaire intergrée. Sauramps Médical. 2002.
9. Chauveau M. H Cours du Dr Chauveau, DU Phlébologie. Paris : UPMC. 2013-2014.
10. Uhl J.F., Bertier C., Prevoteau C., Gillot C. La pompe veineuse plantaire. Anatomie et hypothèses physiologiques. Phlébologie 2009 ; 62(1) : 9-18.
11. C-Y-G Essonne.
12. Costill David L., Larry Kenney W., Wilmore Jack H. Physiologie du sport et de l'exercice musculaire : adaptations physiologiques a l'effort. Précis de physiologie du sport.
13. Ceretelli P. Energy source for musculaire exercice Int. J. Sport Med. 1992 ; 13S : 106-1101.
14. Wilmore Jack H., Costill David L. Physiologie de l'activité physique. Éditions De Boeck University. 1985.
15. Verson T. http://t.verson.free.fr/PHYSIOLOGIE/PHYSIOLOGIE_EXERCICE/PHYSIO-EXERC.htm#_Toc423500259
16. Costill D.L., Daniels J., Evans W., Fink W., Krahenbuhl G. Saltin B. Skeletal muscles enzyme and fiber composition in males and femelles athletes. J. Appl. Physiol. 1976 ; 40 : 149-54.
17. Van Der Stricht J., Staelens I. Veines musculaires du mollet. Phlebologie 1994 ; 47(2) : 135-43.
18. Poujet J.F., Montagnon L., Court L., Couzan S. Douleurs chroniques du mollet chez le sportif : Les marqueurs veineux. Actualités en échographie de l'appareil locomoteur ; tome 4 . Sauramps Medical 2007 : p. 129-37.
19. Couzan S., Poujet J.F. Apport de la compression progressive appliquée aux sportifs. Médecine du Sport, 18-20.
20. Couzan S, Poujet J.F. Le sportif : un insuffisant veineux potentiel. Cardio & Sport ; 8 : 7-20.
21. Barbe R., Sosna M.F., Amiel M., Christopoulos D., Nicolaides A. Quantifier l'hémodynamique veineuse. Apport de la phlétysmographie à air. Phlebologie 1990 ; 1 : 3147-55.
22. Couzan S., Pouget J.F., Prüfer M., et al. Study of the athletes venous system by Doppler scan with pressures measurement and the perfecting of a new elastic compression concept. Int. Angiol. 2000 ; 19 (suppl. 1 to No 2) : 41.
23. Di Prampero P.E. The energy cost human locomotion on land and in water. Int. J. Sports Med. 1996 ; 1 : 55-72.
24. Bigard X., Guezennec C.Y. Fatigue périphérique, lactate musculaire et Ph intracellulaire. Sciences et Sports 1993 ; 8 : 193-204.
25. Mosti G. Stiffness of Compression Devices. Veins and Lymphatics volume 2, issue 1, 2013; International Compression Club (ICC) Meeting, 2012 May 25, Vienna, Austria.
26. Rastel D. Guide pratique de la compression. Version 1.0, Décembre 2010.
27. Uhl J.F., Benigni J.P., Cornu-Thenard A., et al. Relationship between medical compression and intramuscular pressure as an explanation of a compression paradox. Phlébology 2014 ; 2 : 12-20.
28. Partsch H., Rabe E., Stemmer R. Compression. Chapitre 5. In : Compression des extrémités. Paris : Éditions Phlébologiques Françaises, 2000. pp. 57-13.
29. Shiroishi K., Murase N., Kime R. Enhanced muscle tissue oxygenation by compressive elastic stocking. Clermont-Ferrand, France : 9th Annual Congress of the European College of Sports Medicine, 2004. p. 49.
30. Bringard A., Perrey S., Belluye N. Aerobic energy cost and sensation responses during sub maximal running exercise – positive effects of wearing compression tights. Int. J. Sports Med. 2006 ; 27(5) : 373-8.
31. Doan B.K., Kwon Y.H., Newton R.U., et al. Evaluation of a lower body compression garment. J. Sports Sci. 2003 ; 21(8) : 601-10.
32. Gill N.D., Beaven C.M., Cook. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. Br. J. Sports Med. 2006 ; 40(3) : 260-3.
33. Kraemer W.J., Flanagan S.D., Comstock B.A., Fragala M.S., Earp J.E., Dunn-Lewis C., et al. Effects of a whole body compression garment on markers of recovery after a heavy resistance workout in men and women. J. Strength Cond. Res. 2010 ; 24(3) : 804-14.
34. Jakemann J.R., Byrne C., Eston R.G. Lower limb compression garment improves recovery from exercise induced muscle damage in young, active females. Eur. J. Appl. Physiol. 2010 ; 109(6) : 1137-44.
35. Born D.P., Sperlich B., Holmberg H.C. Bringing light into the dark: effects of compression clothing on performances and recovery. Int. J. Sports Physiol. Perform. 2013 ; 8(1) : 4-18.
36. Hill J., Howatson G., Van Someren K., Leeder J., Pedlar C. Compression garments and recovery from exercise-induced muscle damage: a meta-analysis. Br. J. Sports Med. 2013.
37. Mac Rae B.A., Cotter J.D., Laing R. Compression garments and exercise, garments considerations, physiology and performance. Sports Med. 2011 ; 41(10) : 815-43.
38. Rugg S., Sternlicht E. The effect of graduated compression tights, compared with running shorts, on counter movement jump performance before and after sub maximal running. J. Strength Cond. Res. 2013 ; 27(4) : 1067-73.

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

39. Kraemer W.J., Bush J.A., Newton R.U., et al. Influence of a compression garment on repetitive power output production before and after different type of muscle fatigue. Sports Med. Training Rehabil. 1998 ; 8(2) : 163-84.

40. Duffield R., Portus M. Comparison of three type of full-body compression garments on throwing and repeat-sprint performance in cricket players. Br. J. Sports. Med. 2007 ; 41(7) : 409-14.

41. Faulkner J.A., Gleadon D., McLaren, Jakeman J.R. Effect of lower-limb compression clothing on 400-m sprint performance. J. Strength Cond. Res. 2013 ; 27(3) : 669-76.

42. Sperlich B., Haegele M., Achtzehn S., Linville J., Holmberg H.C., Mester J. Different types of compression clothing do not increase sub-maximal and maximal endurance performance in well-trained athletes. J. Sports Sci. 2010 ; 28(6) : 609-14.

43. Higging T., Naughton G.A., Burgess D. Effets of wearing a compression garment on physiological and performance measures in a simulated game-specific circuit for netball. J. Sports Sci. 2009 ; 12(1) : 223-6.

44. Berry M.J., McMurray R.G. Effects go graduated compression stockings on blood lactates following an exhaustive bout of exercise. Am. J. Phys. Med. 1987 ; 66(3) : 121-32.

45. Scalan A.T., Dascombe B.J., Reaburn P.R., Osborne M. The effects of wearing lower-body compression garments during endurance cycling. Int. J. Sports Physiol. Perform. 2008 ; 3(4) : 424-38.

46. Kremmler W., von Stengel S., Köckritz C., et al. Effects of compression stockings on running performance in men runners. J. Strength Cond. Res. 2009 ; 23(1) : 101-5.

47. Dascombe B., Laursen P., Nosaka K., Polglaze T. No effect of upper body compression garments in elite flat-water kayakers. Eur. J. Sport Sci. 2013 ; 13(4) : 341-9.

48. Sperlich B., Born D.P., Zinner C., Hauser A., Holmberg H.C. Does upper-body compression improve 3 x 3-min double poling sprint performance? Int. J. Sports Physiol. Perform. 2014 ; 9(10) : 48-57.

49. Dascombe B.J., Hoare T.K., Sear J.A., et al. The effects of wearing undersized lower-body compression garments on endurance running performance. Int. J. Sports Physiol. Perform. 2011 ; 6(2) : 160-73.

50. Sperlich B., Haegele M., Krüger M., et al. Cardio-respiratory and metabolic responses to different levels of compression during submaximal exercice. Phlebology 2011 ; 26(3) : 102-6.

51. Houghton L.A., Dawson B., Maloney S.K. Effects of wearing compression garments on thermoregulation during simulated team sport activity in temperate environmental conditions. J. Sci. Med. Sport 2009 ; 12(2) : 303-9.

52. Pearce A.J., Kidgell D.J., Grikepelis L.A., Carlson J.S. Wearing a sport compression garment on the performance of visuomotor tracking following eccentric exercise: a pilot study. J. Sci. Med. Sport 2009 ; 12(4) : 500-2.

53. Ali A., Creasy R.H., Edge J.A. The effect of graduated compression stockings on running performance. J. Strength Cond. Res. 2011 ; 25(5) : 1385-92.

54. Duffield R., Edge J., Merrells R., et al. The effects of compression garments on intermittent exercise performance and recovery on consecutive days. Int. J. Sports Physiol. Perform. 2008 ; 3(4) : 454-68.

55. Duffield R., Cannon J., King M. The effects of compression garments on recovery of muscle performance following high-intensity sprint and plyometric exercise. J. Sci. Med. Sport 2010 ; 13(1) : 136-40.

56. Trenell M.I., Rooney K.B., Sue C.M., Thomspon C.H. Compression garments and recovery from eccentric exercise: a (31)P-MRS study. J. Sports Sci. Med. 2006 ; 5(1) : 106-14.

57. Ali A., Creasy R.H., Edge J.A. Physiological effects of wearing graduated compression stockings during running. Eur. J. Appl. Physiol. 2010 ; 109(6) : 1017-20.

58. Bieuzen F., Brisswalter J., Easthope C. Effect of wearing compression stockings on recovery after mild exercice-induced muscle damage. Int. J. Sports Physiol. Perform. 2014 ; 9(2) : 256-64.