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



SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHLÉBOLOGIE

# La pompe veineuse surale garde son efficacité après une course à pied de 40 minutes.

## *The calf venous pump keeps its efficiency after a 40 minutes running.*

Béliard S.[1,2], Chauveau M.[3], Cros F. [3], Tordi N.[4,5]


### *Résumé*

**Introduction :** L'exercice physique réalisé de manière chronique a un rôle protecteur de la qualité du retour veineux. Les explications de cet effet bénéfique sont principalement l'augmentation de la masse musculaire du mollet, et le maintien d'une amplitude optimale de l'articulation de la cheville. Ainsi, la vidange veineuse est améliorée chez le sportif en endurance par rapport au sédentaire. En aigu, les effets d'un exercice physique sur le retour veineux sont mal connus.

**Objectif :** Analyser les effets à court terme de l'exercice sur la pompe veineuse surale.

**Matériel et méthode :** 16 hommes, sportifs, volontaires sains, ont couru pendant 40 minutes sur un tapis roulant. Une pléthysmographie veineuse dynamique des mollets a été réalisée avant, immédiatement après, et 48 heures après l'exercice physique.

**Résultats :** Immédiatement après l'exercice, le volume veineux (VV) est inchangé. La fraction de volume résiduel (VRF) est légèrement augmentée en post-exercice immédiat ; cette augmentation n'est pas statistiquement significative. À 48 heures, l'ensemble des paramètres a retrouvé une valeur identique aux valeurs pré-exercice.

**Conclusion :** Il n'a pas été mis en évidence d'altération de la pompe veineuse du mollet, telle que mesurée en pléthysmographie à jauge de contrainte, à la suite d'une course à pied de 40 minutes chez le sujet sain.


***Mots-clés :*** *retour veineux, pompe veineuse surale, exercice physique.*


### *Summary*

***Introduction:*** *Physical exercise performed in a chronic way has a protective effect on the venous return quality. The explanations of this beneficial effect are mainly the increase of the calf muscular mass, and the preservation of an optimal ankle joint amplitude.*
*So, the venous draining is improved in endurance athletes compared with sedentary population. However, the acute effects of physical exercise on the venous return are not very well known.*

***Objective:*** *To analyze the short-term effects of exercise on the calf venous pump.*

***Material and methods:*** *16 male healthy volunteers athletes ran during 40 minutes on a treadmill. A dynamic venous plethysmography of the calfs was performed before, right after, and 48 hours after exercise.*

***Results:*** *Immediately after the exercise, the venous volume (VV) was unchanged and the residual volume fraction (VRF) was slightly increased; this increase was not statistically significant. Forty-eight hours after the run, all the parameters reached their pre-exercise values.*

***Conclusion:*** *No change of the calf venous pump, such as measured by strain gauge plethysmography, was found, following a 40 minutes running performed by trained healthy subjects.*


**Keywords:** venous return, calf venous pump, physical exercise.

*1. Samuel Béliard, 15, rue Jean Simon Berthélémy, 25000 Besançon, France. Tél. : 06 65 77 07 81.*
*Médecine vasculaire, exploration fonctionnelle vasculaire, CHRU de Besançon, France.*
*2. EA3920 Marqueurs Pronostiques et Facteurs de Régulations des Pathologies Cardiaques et Vasculaires, Université de Franche-Comté, Besançon, France.*
*3. Laboratoires Innothera, Département de Biophysique, 22, avenue Aristide Briand, 94110 Arcueil, France.*
*4. EA4267 Fonctions et Dysfonctions Épithéliales, Plateforme Exercice Performance Santé. Innovation, SFR FED 4234, Université de Franche-Comté, Besançon, France.*
*5. Centre d'Investigation Clinique INSERM CIT 808, CHRU de Besançon, France.*
*E-mail :* samuel.beliard@gmail.com
*Accepté le 13 février 2014*

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



## Introduction

La pratique habituelle de la course à pied semble avoir un effet protecteur vis-à-vis de l'insuffisance veineuse.

L'effet mécanique d'un exercice physique sur la vidange veineuse de la jambe est reconnu depuis plus de 100 ans [1].

**Louisy** [2] a démontré au repos que la vidange veineuse, reflet de l'efficacité de la pompe veineuse surale, est améliorée chez le sportif en endurance par rapport au sédentaire.

L'explication de cet effet bénéfique réside principalement dans l'augmentation de la masse musculaire du mollet, et dans le maintien d'une amplitude maximale de l'articulation de la cheville [3].

Des statistiques issues de l'article de **Leyk** [4] réalisées sur 300 757 coureurs à l'occasion des marathons et semi-marathons courus en Allemagne entre 2003 et 2005 nous renseignent sur les catégories de population concernées par la pratique de la course à pied :
– 77,8 % d'homme tous âges confondus ;
– 97 % des coureurs ont un âge inférieur ou égal à 55 ans.

Une étude épidémiologique sur la participation aux courses d'ultra endurance [5] retrouve globalement les mêmes répartitions de la population.

L'ensemble de ces données nous indique donc que la grande majorité des personnes pratiquant la course à pied est représentée par les hommes de moins de 55 ans.

Cette catégorie de population est la moins atteinte par la pathologie veineuse chronique [6].

Malgré ces données admises sur les effets bénéfiques de l'activité physique sur du long terme, il persiste des interrogations sur les effets aigus de l'exercice physique sur l'hémodynamique veineuse des membres inférieurs. L'exercice physique entraîne une augmentation du débit sanguin musculaire pour répondre à la demande métabolique accrue, et du débit sanguin cutané pour assurer la thermolyse.

Cette hyperhémie d'exercice se répercute sur les veines profondes et superficielles, dont le remplissage est fortement accéléré, comme l'ont montré les mesures effectuées après une marche prolongée (80 km) [7] ou un semi-marathon [8].

La dilatation des veines superficielles constatée dans cette condition a fait évoquer le déclenchement par l'exercice d'une insuffisance veineuse transitoire [9].

Ceci a conduit certains auteurs à proposer le port de compression en post-exercice [10, 11, 12, 13], afin d'améliorer le retour veineux et ainsi la récupération.

En fait, les modifications de la pompe veineuse du mollet entraînées par un exercice préalable sont peu connues.

Existe-t-il, comme certains auteurs le pensent, une insuffisance de la pompe du fait de la surcharge hémodynamique, ou bien l'efficacité de la vidange veineuse est elle maintenue ?

La littérature ne nous permet pas de répondre à cette question.

L'objectif de cette étude est d'analyser les modifications de la pompe veineuse du mollet dans les suites d'un exercice physique. Pour ce faire, une pléthysmographie veineuse dynamique des mollets a été réalisée, avant, et au décours d'un exercice standardisé de course à pied.

## Matériel et méthodes

### Population (Tableau 1)

L'étude a porté sur 16 volontaires sains, sportifs, libres à consentir, tous masculins, âgés de 18 à 55 ans (tranche d'âge la plus représentative des participants à des épreuves sportives), non fumeurs, ne consommant pas de toxiques, indemnes en particulier de désordre musculo-squelettique, cardiaque, ou vasculaire, s'engageant à s'abstenir de compétition sportive pendant la durée de l'étude (48 heures).

L'étude a été approuvée par le Comité de Protection des Personnes EST II.

### Mesure de la fonction de pompe veineuse surale par pléthysmographie dynamique

Les variations de volume du mollet ont été enregistrées au moyen du pléthysmographe à jauge de contrainte EC6 et du système d'acquisition Powerlab model ML795 (ADInstruments, Colorado Springs, USA), et les données traitées à l'aide du logiciel Chart v5.5.3 (ADInstruments, Colorado Springs, USA).

La technique de mise en jeu de la pompe a suivi un protocole dérivé du protocole Christopoulos et Nicolaides [14].

Le protocole de Christopoulos et Nicolaides utilisait la pléthysmographie à air **(Figure 1)**, alors que dans notre étude nous avons utilisé la pléthysmographie à jauge de contrainte.

| | Âge | Poids (kg) | Taille (cm) | IMC (kg/cm²) | VMA (km/h) | FC Max (bpm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Moyenne | 26,3 | 74,4 | 177,6 | 23,6 | 16,1 | 196,4 |
| Écart type | 6,3 | 8,9 | 6,9 | 2,9 | 1,6 | 8,6 |

*TABLEAU 1 : Caractéristiques de la population étudiée (n = 16).*

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



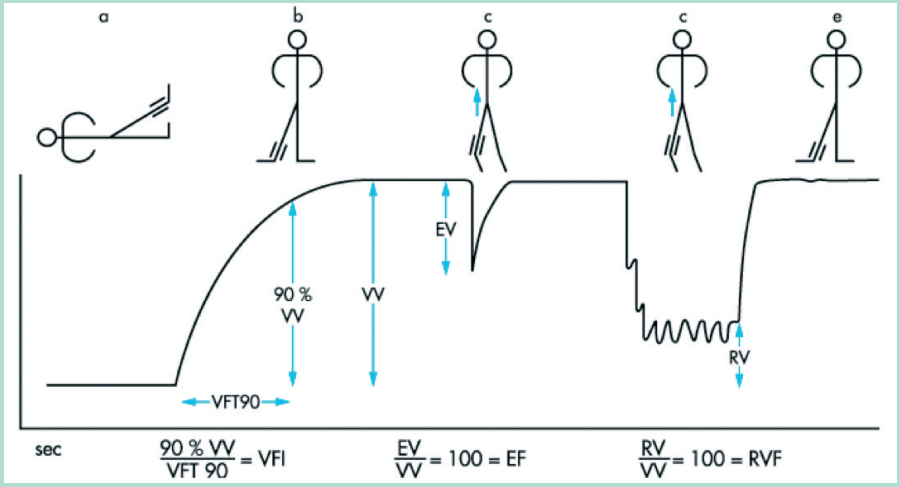


*FIGURE 1 : Protocole de Christopoulos et Nicolaides.*

Les variables mesurées sont les suivantes :

**VV (ml/100 ml)** : volume veineux, c'est-à-dire le remplissage veineux orthostatique ;

**RV (ml/100 ml)** : volume résiduel, mesuré à la fin des 10 *tiptoes* ;

**RVF ( %) = (RV/VV) × 100** : fraction de volume résiduel, qui quantifie l'efficacité de la pompe veineuse surale.

Dans le protocole de Christopoulos et Nicolaides, la chambre remplie d'air est posée autour du mollet ; dans notre protocole, la jauge de contrainte est fixée sur la partie la plus large du mollet et maintenue en place par du sparadrap.

- Le sujet reste en décubitus dorsal (a), la jambe équipée étant surélevée de 45 degrés pour assurer la vidange veineuse du mollet. Cette position est conservée 5 minutes (stabilisation du volume). Le volume minimal du mollet est enregistré.
- Le sujet passe debout, en appui monopodal genou tendu sur la jambe non mesurée, la jambe mesurée restant relâchée, genou légèrement fléchi, le pied seulement posé au sol sans appui (b). Il maintient cette position jusqu'à la stabilisation du volume du mollet (contrôle visuel de l'expérimentateur), qui permet de mesurer le remplissage orthostatique (VV).
- Le sujet passe en appui bipodal naturel, et effectue 10 montées-descentes sur la pointe des pieds (*tiptoes*) en 10 secondes, rythmé par un métronome (c). Le volume chute jusqu'au volume résiduel (RV). Ces *tiptoes* ont été standardisés : la hauteur maximale atteinte par le sujet sur la pointe des pieds a été évaluée avant le test et repérée sur un guide. Au moment du test, il était imposé au sujet d'atteindre cette hauteur à chaque montée sur la pointe des pieds.
- Le sujet reste debout en appui monopodal (jambe mesurée relâchée) jusqu'à la stabilisation du volume (e).

## Déroulement de l'étude

Il s'agit d'une étude pilote, ouverte, séquentielle, comparative.

La visite d'inclusion a comporté un examen clinique de dépistage d'une pathologie contre-indiquant la pratique d'une activité physique intense, ainsi qu'un électrocardiogramme de repos. Après inclusion, la vitesse maximale aérobie (VMA) de chaque sujet a été déterminée à l'aide du test incrémental de Léger et Boucher [15].

Une première session expérimentale a comporté successivement :

– pléthysmographie dynamique des mollets ;
– course à pied de 40 minutes à 70 % de la VMA sur tapis roulant (Training Treadmill S1830, HEF Techmachine, Andrézieux- Bouthéon, France). Chaque sujet courait avec ses propres chaussures de course à pied, aucune standardisation n'a été effectuée sur ce paramètre ;
– nouvelle pléthysmographie dynamique, immédiatement après la fin de l'exercice.

La seconde session expérimentale, effectuée 48 heures après, a comporté une pléthysmographie dynamique sans exercice préalable.

## Analyse statistique

Les statistiques descriptives sont présentées sous forme de moyenne ± écart type. La normalité de la distribution des données a été vérifiée par le test de Kolmogorov-Smirnov puis la comparaison des moyennes a été réalisée à l'aide de test *t* de Student.

Le seuil de significativité a été fixé à $p < 0,05$.

Les analyses ont été effectuées grâce au logiciel SygmaPlot 12.5 pour Windows (Systat Software Inc., San Jose, CA, États-Unis).

***Cette étude a été financée par les Laboratoires INNOTHERA.***

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



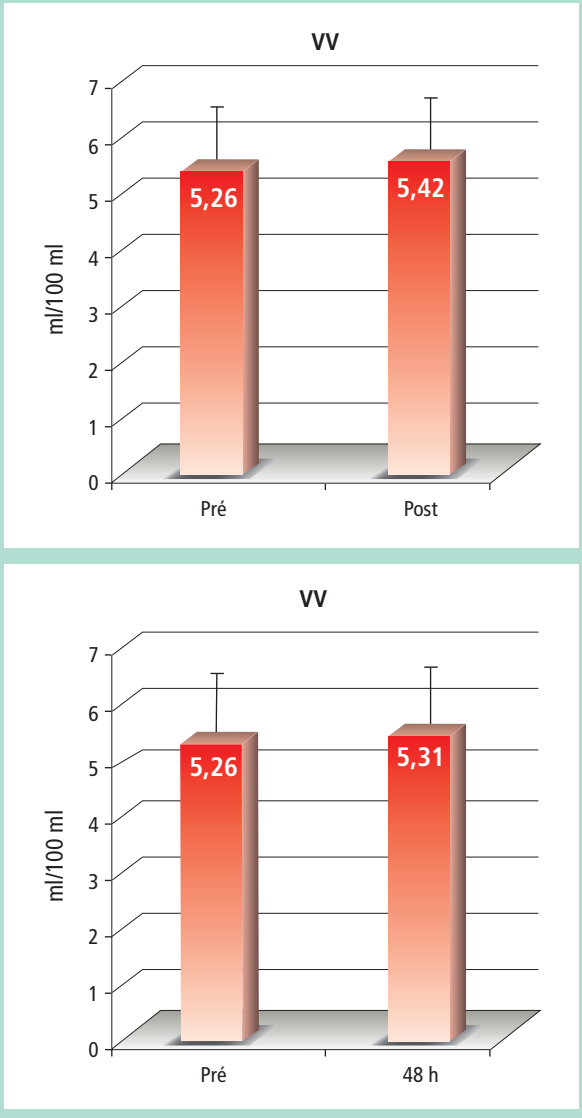


*FIGURE 2 : Évolution du volume veineux VV en ml/100 ml avant (Pré) et immédiatement après (Post, figure du haut), et avant (Pré) et 48 heures après (48 h, figure du bas) une course à pied de 40 minutes à 70 % de la VMA.*

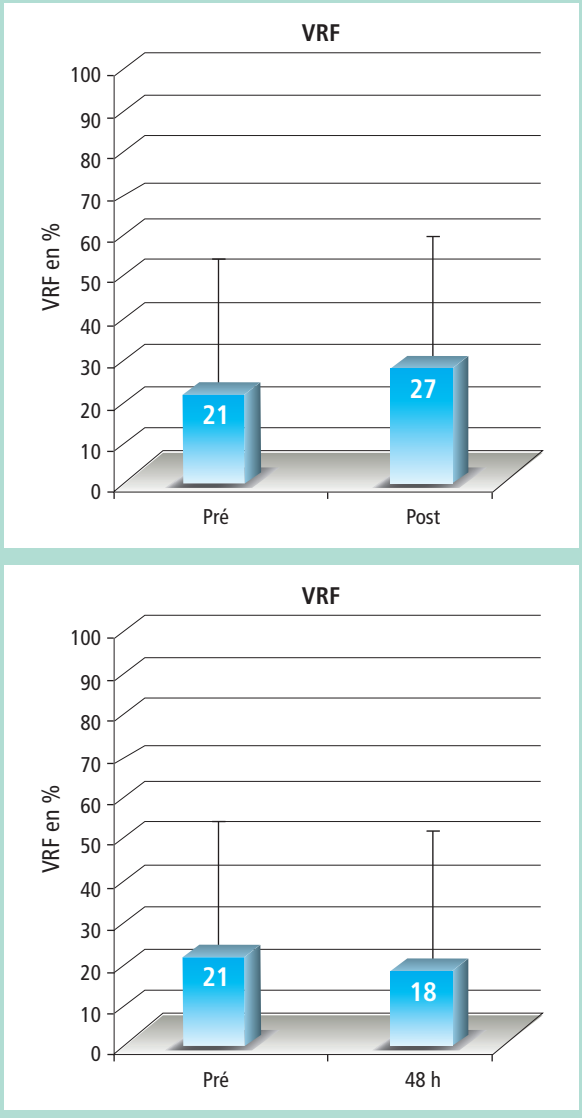


*FIGURE 3 : Évolution de la fraction de volume résiduel VRF, en %, avant (Pré) et immédiatement après (Post, figure du haut), et avant (Pré) et 48 heures après (48 h, figure du bas) une course à pied de 40 minutes à 70 % de la VMA.*

## Résultats

Les 16 sujets inclus ont réalisé la totalité de l'exercice de course à pieds sur tapis roulant à 70 % de la vitesse moyenne aérobie.

Ni le Volume Veineux VV mesuré immédiatement après exercice, ni celui mesuré 48 heures après, ne diffèrent significativement du VV mesuré avant exercice **(Figure 2)**.

Ni la fraction de volume résiduel VRF mesurée immédiatement après exercice, ni celle mesurée 48 heures après, ne diffèrent significativement de la VRF mesurée avant exercice **(Figure 3)**.

## Discussion

De ces résultats, il ressort que le volume veineux, qui correspond au remplissage orthostatique des veines du mollet, reste inchangé après exercice.

Cette constatation s'inscrit contre une modification notable de la distensibilité veineuse en post-exercice.

D'autre part, la fraction de volume résiduel, qui quantifie l'efficacité de la pompe veineuse du mollet, n'est augmentée que très faiblement, de façon non significative, en post-exercice immédiat ; à 48 heures, elle revient à sa valeur pré-exercice.

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



Des auteurs [9, 16] ont évoqué le déclenchement par l'exercice d'une insuffisance veineuse transitoire, en lien avec une surcharge hydraulique fonctionnelle.

Nos résultats ne confortent donc pas cette hypothèse : dans les conditions de notre expérimentation, la pompe musculo aponévrotique du mollet assure, après exercice, une vidange veineuse similaire à celle assurée au repos.

Notre étude connaît toutefois des limites qui interdisent d'en généraliser les résultats. D'une part, concernant la durée d'exercice : si une course à pied de 40 minutes laisse la pompe musculaire intacte, il n'en est pas forcément de même d'une course plus longue comme le marathon, qui va accentuer la fatigue musculaire, les micro-lésions musculaires, la déshydratation.

D'autre part, concernant le type d'exercice : on sait que, selon le chaussage et le dénivelé négatif ou positif, la foulée n'a pas les mêmes caractéristiques biomécaniques (mode de contractions musculaires, intensité des chocs, modification des appuis au sol) [17].

Ces différents paramètres peuvent avoir un effet sur les muscles de la loge postérieure de la jambe et donc impacter l'efficacité de la vidange veineuse en post-exercice.

De plus, l'état veineux des sujets n'a pas été exploré par échographie-Doppler, et il est fort possible que des reflux superficiels aient été présents chez certains sujets, cliniquement normaux.

Or les données pléthysmographiques peuvent être impactées par une altération du système veineux [18].

Enfin la population de cette étude concerne des sportifs entraînés à la course à pied, comme en atteste la Vitesse Maximale Aérobie moyenne de 16,1 km/h (VMA dans la population générale 11-13 km/h) ; on peut s'interroger sur la réponse de la pompe veineuse obtenue chez des sujets sédentaires dans des conditions similaires.

Certains auteurs ont rapporté une amélioration de la récupération post-exercice par le port de dispositifs de compression, amélioration dont le mécanisme reste à élucider.

Nos résultats vont contre un rôle majeur d'une correction de la pompe veineuse dans ce mécanisme.

Toutefois nous n'avons pas étudié les effets du port de compression dans le post-exercice, nous ne pouvons donc pas déduire de nos résultats le rôle de ces dispositifs sur le retour veineux dans ces conditions d'utilisation.

## Conclusion

Cette étude a permis d'explorer, par pléthysmographie veineuse dynamique, la fonction de pompe veineuse du mollet au décours d'un exercice de course à pied.

Il n'a pas été mis en évidence d'altération de cette fonction à la suite d'une course à pied de 40 minutes chez le sujet sain sportif.

Les modifications des volumes veineux et résiduel ne sont pas significatives.

La pompe veineuse surale conserve son efficacité dans la vidange du sang veineux des membres inférieurs après ce type d'exercice.

### Rôles respectifs des auteurs

Réalisation de l'étude, rédaction du CPP et rédaction de l'article : S. Béliard.

Mise en place du projet et relecture : M. Chauveau, F. Cros.

Gestion du déroulement de l'étude, rédaction du CPP et relecture : N. Tordi.

Nous apportons nos remerciements à Thibault Lussiana (Université de Franche-Comté) pour sa participation aux manipulations.

## Références

1. Hooker D.R. The effect of exercise upon the venous blood pressure. Am. J. Physiol. 1911 ; (28) : 235-48.
2. Louisy F., Jouanin J.C., Guezennec C.Y. Filling and emptying characteristics of lower limb venous network in athletes. Study by postural plethysmography. Int. J. Sports. Med. Jan 1997 ; 18(1) : 26-29.
3. Kügler C., Strunk M., Rudofsky G. Venous pressure dynamics of the healthy human leg. Role of muscle activity, joint mobility and anthropometric factors. J. Vasc. Res. Fevr 2001 ; 38(1) : 20-9.
4. Leyk D., Erley O., Ridder D., Leurs M., Rüther T., Wunderlich M., et al. Age-related changes in marathon and half-marathon performances. Int. J. Sports. Med. juin 2007 ; 28(6) : 513-7.
5. Da Fonseca-Engelhardt K., Knechtle B., Rüst C.A., Knechtle P., Lepers R., Rosemann T. Participation and performance trends in ultra-endurance running races under extreme conditions - "Spartathlon" *versus* "Badwater". Extreme Physiol. Med. 2013 ; 2(1) : 15.
6. Beebe-Dimmer J.L., Pfeifer J.R., Engle J.S., Schottenfeld D. The epidemiology of chronic venous insufficiency and varicose veins. Ann. Epidemiol. mars 2005 ; 15(3) : 175-84.
7. Société française de phlébologie, Chauveau M., Garreau C., Elbeze Y., Blanchemaison Ph., Veraart J.C.J.M., et al. Phlébologie et sport. Phlébologie 1995 : 417-85.
8. Benigni J.P., Sadoun S., Schadeck M., Rastel D. Marathoniens, veines et contention. Phlébologie 2001 : 159-68.

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



9. Couzan S., Prüfer M. Retour veineux du sportif : nouvelle approche diagnostique – mise au point d'une contention élastique spécifique. Médecine du sud-est 1999 ; (1) : 18-20.
10. Bringard A., Denis R., Belluye N., Perrey S. Compression élastique externe et fonction musculaire chez l'homme. Sci. Sports févr 2007 ; 22(1) : 3-13.
11. Perrey S. Compression Garments: Evidence for their Physiological Effects (P208). The Engineering of Sport 7. Paris : Springer Paris ; 2008. p. 319-28.
12. Chatard J.C., Atlaoui D., Farjanel J., Louisy F., Rastel D., Guézennec C.Y. Elastic stockings, performance and leg pain recovery in 63-year-old sportsmen. Eur. J. Appl. Physiol. déc 2004 ; 93(3) : 347-52.
13. Jakeman J.R., Byrne C., Eston R.G. Efficacy of lower limb compression and combined treatment of manual massage and lower limb compression on symptoms of exercise-induced muscle damage in women. J. Strength Cond. Res. Natl. Strength Cond. Assoc. nov 2010 ; 24(11) : 3157-65.
14. Nicolaides A.N. Investigation of chronic venous insufficiency: A consensus statement (France, March 5-9, 1997). Circulation 2000 ; 102(20) : E126-63.
15. Léger L., Boucher R. An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montréal track test. Can. J. Appl. Sport Sci. J. Can. Sci. Appliquées Au Sport 1980 ; 5(2) : 77-84.
16. Couzan S., Mismetti P., Pouget J.F., Ferret J.M. Le sportif : un insuffisant potentiel ? Cardio & sport 2006 ; 8 : 7-20.
17. Lussiana T., Fabre N., Hébert-Losier K., Mourot L. Effect of slope and footwear on running economy and kinematics. Scand. J. Med. Sci. Sports 2013 ; 23(4) : e246-53.
18. Meissner M.H., Moneta G., Burnand K., Gloviczki P., Lohr J.M., Lurie F., et al. The hemodynamics and diagnosis of venous disease. J. Vasc. Surg. Off. Publ. Soc. Vasc. Surg. Int. Soc. Cardiovasc. Surg. North Am. Chapter. Dec 2007 ; 46 Suppl S : 4S-24S.

## CALL FOR FREE COMMUNICATIONS

**At the December next national Congress in Paris (December 11-13th, 2014), the French Phlebology Society will organize a day devoted to free communications.**

For this session, we will be happy to invite all those who have an innovative or controversial subject, or an update or a news item to present to send us an abstract of their communication by e-mail so that it can be submitted to the Selection Committee. Abstracts must be sent **before the 15th October 2014** to the following address:

**sfphlebo@club-internet.fr**

The abstract must be structured according to the **four usual parts:** the aim of the study, methods, results, conclusion.

The title, the name(s) of the author(s), and the address(es) must be written in lower case letters.

The name of the presenter must be underlined.

The text will be written in Times 12 font with single line spacing and must be no longer than one page.

Authors who propose a communication undertake to have it published in **Phlébologie Annales Vasculaires**.

Communications without this undertaking will not be accepted.