

# MAINS

physiothérapie – ostéopathie – thérapies manuelles

34<sup>e</sup> année  
ISSN 1660 - 8585

# Libres



- Efficacité du strapping de la cheville
- Blessures musculo-squelettiques dans les courses «ultra-trail»
- Épine irritative d'appui plantaire – effets posturaux et oculomoteurs
- Échographie musculo-squelettique et pulmonaire: intérêt pour le physiothérapeute
- Effets de l'activité physique sur le système lymphatique après chirurgie du cancer du sein
- CQFD: science et vérité

En partenariat avec



N° 3

Septembre 2017

# THÉRAPIE OPTIMISÉE !

## SISSEL® : AIDES POUR VOS PATIENTS



## RÉUSSITE DE VOTRE TRAITEMENT



## VOTRE EQUIPEMENT PROFESSIONNEL

### Ultrasons Intelect® Mobile

- indications cliniques désignent les paramètres les plus appropriés
- 2 fréquences (1 et 3 MHz) et 3 cycles de fonctionnement
- traitement par impulsions et continu (10%, 20%, 50%, 100%)
- applicateur de Ø 5 cm incl.



Option pratique :  
sac de transport

**OFFRE SPÉCIALE**  
CHF 1'090.-  
AU LIEU DE 1'290.-, TVA EXCL.

MENTIONNEZ LE COUPON „ULTRASON“,  
NON CUMULABLE AVEC D'AUTRES RABAIS

VALABLE JUSQU'AU 30.09.2017

03 ///

**Sommaire + Impressum**

05 ///

**Editorial**

« Marche pour la Science »

W. Salem

06 ///

**Dans ce numéro...**

09 ///

**Comparaison de l'efficacité de deux méthodes de strapping dans la limitation de l'inversion de la cheville durant l'activité**

P. Armengaud, N. Forestier, R. Terrier

21 ///

**Influence de la distance de course sur les blessures musculo-squelettiques en ultra-trail**

O. Broglin, F. Fourchet, G. P. Millet

31 ///

**Clarification de la notion clinique d'épine irritative d'appui plantaire – effets posturaux et oculomoteurs et intérêt diagnostiqué du quotient plantaire**

A. Foisy, Z. Kapoula

43 ///

**Echographie musculo-squelettique et pulmonaire: applications possibles pour le kinésithérapeute**

J. Wormser, M. Lemarinel, A. Demont, A. Le Neindre

53 ///

**Evaluation des effets de l'activité physique sur le système lymphatique de patientes avec lymphœdème secondaire à une chirurgie de cancer du sein**

R. Barbieux, P. De Backer, C. Thomas, M. Mariana Roman, O. Leduc, A. Leduc, P. Bourgeois, S. Probyn

62 ///

**Lu pour Vous**

63 ///

**Agenda**

65 ///

**CQFD: Science et vérité**

A. Barrau

© Peter Atkins / GSphoto / Maridav / EVGENII / endostock / fotolia.com

Image de couverture:

[www.mainslibres.ch](http://www.mainslibres.ch)

## » Impressum

*MAINS Libres*, journal scientifique destiné aux physio/kinésithérapeutes, ostéopathes, praticiens en fasciathérapie, posturologie, chaînes musculaires et autres praticiens de santé.

**Journal officiel de physioswiss et de l'Association Suisse des Physiothérapeutes Indépendants (ASPI), référencé sur Kinédoc**

**RESPONSABLE DE PUBLICATION DE CE N°:** Prof. Walid Salem, ostéopathe, PhD

**ÉDITION:** Mains Libres Editions Sàrl / 124, ch. des Marionnettes / CH – 1093 LA CONVERSION / Tél.: +41 79 957 1 957 / [info@mainslibres.ch](mailto:info@mainslibres.ch)

**RÉDACTION:** Rédacteur en chef: Yves Larequi ([yves.larequi@mainslibres.ch](mailto:yves.larequi@mainslibres.ch)) /

Rédacteurs: Claude Pichonnaz ([claud.pichonnaz@mainslibres.ch](mailto:claud.pichonnaz@mainslibres.ch)), Walid Salem ([walid.salem@mainslibres.ch](mailto:walid.salem@mainslibres.ch)), Claude Gaston ([claud.gaston@mainslibres.ch](mailto:claud.gaston@mainslibres.ch)), François Fourchet ([françois.fourchet@mainslibres.ch](mailto:françois.fourchet@mainslibres.ch))

**PARUTION:** 4 numéros par année (34<sup>e</sup> année)

**ABONNEMENT:** ([http://www.mainslibres.ch/larevue\\_abonnement.php](http://www.mainslibres.ch/larevue_abonnement.php)) **En Suisse:** 68.– CHF / **En France et Belgique:** 75€ (paiement en francs suisses au cours du jour) / **Etudiants:** 50% (présenter un justificatif) **BANQUE:** CREDIT SUISSE, 1003 LAUSANNE IBAN: CH30 0483 5157 1496 5100 0 / SWIFT: CRESCHZZ80A / CLEARING: 4835 / **L'abonnement est gratuit pour les membres de physioswiss et de l'ASPI (compris dans la cotisation de membre)**

**TIRAGE:** 2900 ex

**IMPRESSION:** Multicolor Print AG:

Sihlbruggstrasse 105a / postfach 1055 / CH – 6341 BAAR / Tél.: +41 41 767 76 76, [www.multicolorprint.ch](http://www.multicolorprint.ch)

**PRÉPRESSE:** Centre d'impression de la Broye:

M<sup>me</sup> Christine Sautaux / Route de la Scie 9 / CH – 1470 Estavayer-le-Lac / Tél.: +41 26 663 12 13, [www.cibsa.ch](http://www.cibsa.ch)

**PUBLICITÉ:** Yves Larequi, [yves.larequi@mainslibres.ch](mailto:yves.larequi@mainslibres.ch) ou [ylarequi@vtx.ch](mailto:ylarequi@vtx.ch)

**COMITÉ DE LECTURE:** voir: <http://www.mainslibres.ch/comitelecture.php>

# Découvrez de nouvelles perspectives



## Considérez votre cabinet sous un autre angle

Imaginez... un logiciel complet, que vous pourriez adapter en fonction de vos désirs, une utilisation intuitive, sans installation, sans devoir procéder vous-même aux mises à jour et aux sauvegardes...

La Caisse des Médecins vous le propose sans frais de licence, ni investissement, grâce à son logiciel Variante I (basé sur Internet).

**Conseils + services + logiciels + formation = Caisse des Médecins**



Ä

K

ÄRZTEKASSE

C

M

CAISSE DES MÉDECINS

CASSA DEI MEDICI

PHYSIO

### Caisse des Médecins

Société coopérative · Romandie

Chemin du Curé-Desclouds 1 · 1226 Thônex

Tél. 022 869 46 30 · Fax 022 869 45 07

[www.caisse-des-medecins.ch](http://www.caisse-des-medecins.ch)

[romandie@caisse-des-medecins.ch](mailto:romandie@caisse-des-medecins.ch)



# Editorial

## « Marche pour la science »

**Dr. Walid Salem (PhD, ostéopathe DO)**

Rédacteur de *Mains Libres*

Une Marche pour la Science («March for Science») est née aux États-Unis le 22 avril 2017 grâce à l'initiative de scientifiques de tous horizons réunis à Washington pour manifester contre l'ingérence politico-financière de l'administration américaine dans les faits scientifiques bien établis.

Chères lectrices, Chers lecteurs, vous l'aurez bien compris, cette initiative est dirigée contre la nouvelle administration américaine et le nouveau président *Donald Trump*, qui, depuis son élection, continue perpétuellement de mettre en doute le danger du changement climatique sur notre planète.

De plus l'effet *Trump* a fait progresser le «néocréationnisme» avec des propos pseudo-scientifiques. Quarante-deux pourcent des Américains croient que l'Homme a été créé tel qu'il existe aujourd'hui, et depuis le début de l'année, quatre États américains ont préparé des lois visant à autoriser l'enseignement, lors des cours de sciences au lycée, des thèses créationnistes au même titre que la théorie de l'évolution. L'exemple le plus concret se situe dans l'état du Texas où une loi est à l'étude au parlement de cet état, visant à autoriser l'enseignement des thèses créationnistes au même titre que la théorie de l'évolution lors des cours de sciences au lycée.

Cependant, ce phénomène ne se retrouve pas uniquement aux États-Unis. Il existe dans la majeure partie des pays à culture musulmane, dans lesquels la croyance domine la Science, et lorsqu'elle se trouve confrontée à la croyance, la Science est d'emblée rejetée.

J'ai eu l'occasion de participer à cette Marche pour la Science à Bruxelles le samedi 22 avril l'après-midi, ensemble avec des chercheurs, scientifiques et aussi avec de simples citoyens, pour rappeler combien la Science est vitale pour nos sociétés dans le futur.

Certains scientifiques ont rappelé qu'il est complètement inutile de relancer les vieux débats «faits contre croyance» ou «faits scientifiques contre opinions». D'autres proposaient de créer au sein des centres de recherche des organes de vigilance pour mieux lutter contre la recrudescence de ce phénomène.

Cet évènement de Marche pour la Science a généré des manifestations dans le monde entier; des défilés ont eu lieu en Allemagne, Autriche, Belgique, Croatie, Espagne, Finlande, Irlande, Italie, Norvège, Suède, Pologne, Suisse, aux Pays-Bas, au Danemark, au Portugal, au Royaume-Uni, en Chine, au Japon, au Canada, en Australie, en Nouvelle-Zélande et au Mexique.

Le défi est immense, comme l'a rappelé l'astrophysicien le Professeur *Aurélien Barrau* dans son article «Science et vérité» pu-

blié dans la rubrique CQFD de ce numéro, il faut s'opposer sans baisser la garde, à cette nouvelle-ancienne forme de fascisme qui essaye d'imposer le déni de la vérité scientifique.

Cela montre à quel point la défiance est grande et qu'il faut rester très vigilant pour conserver et protéger tous les acquis, savoir et savoir-faire scientifiques car ils appartiennent à toute l'Humanité.

Dans cette 3<sup>e</sup> édition 2017 de *Mains Libres*, nous vous proposons 5 articles originaux de qualité:

Dans ce premier article consacré à la pratique sportive, *Pierre Armengaud et al.* comparent l'efficacité de deux méthodes de strapping dans la limitation de l'inversion de la cheville durant l'activité.

Le deuxième article, est proposé par *Olivier Broglin et al.*, et nous présente un sujet également dans le domaine du sport sur l'influence de la distance de course sur les blessures musculo-squelettiques en ultra-trail. Cet article fait suite à l'article de *G. Millet et P. Balducci*: Les effets immédiats des courses d'ultra-endurance: état des lieux et conséquences pour la santé, paru dans le N° 2-2017 de *Mains Libres*.

Le troisième article, est proposé par *Arnaud Foisy et Zoi Kapoula* qui ont étudié les conséquences de l'inefficacité des afférences plantaires asymptomatiques sur le contrôle postural et oculomoteur.

Dans le quatrième article, *Aymeric Le Neindre et al.*, ont exploité la possibilité d'utiliser l'échographie dans le domaine de la kinésithérapie: échographie musculosquelettique et pulmonaire: applications possibles pour le kinésithérapeute.

Le cinquième article, est basé sur l'analyse d'imagerie lymphoscintigraphique proposé par *Romain Barbieux et al.*, qui nous présentent l'évaluation des effets de l'activité physique sur le système lymphatique de patientes avec lymphœdème secondaire à une chirurgie de cancer du sein.

Enfin, la rédaction de *Mains Libres* tient à remercier tous les membres du comité de lecture de notre revue pour le temps, l'énergie, l'expertise qu'ils mettent à la disposition de *Mains Libres*, en fournissant des commentaires de haute qualité sur les manuscrits soumis, afin de maintenir ainsi la haute qualité de notre journal.

Au nom de la rédaction, je vous souhaite une bonne lecture de ce numéro 3-2017.



# ➤ Dans ce numéro...

Mains Libres, 3-2017; 09-19 ///

## Comparaison de l'efficacité de deux méthodes de strapping dans la limitation de l'inversion de la cheville durant l'activité

P. Armengaud, N. Forestier, R. Terrier

**Introduction :** L'entorse latérale de cheville est une des blessures les plus communes rencontrées dans la pratique sportive. Le strapping est un outil utilisé comme une aide au retour sur le terrain et il est communément admis que son efficacité pour contrôler l'inversion de cheville est de moins de 30 minutes.

**Objectif :** cette étude a été mise en place pour comparer l'efficacité de deux types de strapping de cheville sur la limitation de l'inversion durant l'activité sportive.

**Méthode :** 18 volontaires sains ont été testés et randomisés avec deux modalités de strapping : avec et sans bandes rigides. Ils ont suivi un protocole d'exercices. Les mesures des mobilités de la cheville ont été faites à 0 minute, 20 minutes et 40 minutes d'exercice tout comme l'évaluation de la sensation de maintien exprimée par les participants.

**Résultats :** durant 40 minutes d'activité, la limitation mécanique du strapping qui intégrait des bandes rigides était statistiquement supérieure de 16% à celui ne contenant que des bandes élastiques. Quel que soit le bandage, il y a une diminution de son efficacité au cours de l'activité de 25% pour la limitation de l'inversion.

**Discussion :** malgré un résultat objectif statistiquement significatif en faveur du bandage contenant les bandes rigides, l'absence de différence de ressenti entre les deux types de strapping peut être expliqué par la perception du contact de la bande sur la peau. Il serait intéressant de prolonger l'étude en faisant des mesures avec un bandage exclusivement rigide avec la même méthodologie en prolongeant l'acquisition.

**Conclusion :** le choix du type de bandage peut avoir un effet significatif sur la limitation de l'inversion pendant l'activité. On conseillera donc à un athlète en phase de reprise un strapping intégrant des bandes rigides.



Mains Libres, 3-2017; 23-29 ///

## Influence de la distance de course sur les blessures musculo-squelettiques en ultra-trail

O. Broglin, F. Fourchet, G. P. Millet

**Introduction :** le trail montagneux est une discipline émergente en course à pied et dont les distances sont très variables. Dans cette étude, les effets de la distance sur les blessures musculo-squelettiques en ultra-trail ont été étudiés lors de quatre courses : Grand Trail des Templiers; Trail Verbier Saint-Bernard; The North Face® : Ultra-trail du Mont-Blanc®; Tor des Géants.

**Méthode :** 2'161 coureurs ont répondu à un questionnaire portant sur les caractéristiques d'entraînement, la localisation, la typologie et la sévérité de la blessure, ainsi que sur la récupération après course. Les différences entre quatre catégories de distances (60-70 km; 100-120 km; 170 km; >300 km) ont été analysées.

**Résultats :** la blessure représente 69% des causes d'abandon pour les 60-70 km. La catégorie 100-120 km enregistre un taux de blessure significativement le plus faible (22.3%). Globalement, les blessures d'apparition progressive sont majoritaires avec 73.2%. Le genou est le site anatomique le plus touché avec 27.8%. Les coureurs des plus longues distances reçoivent significativement le plus de soins avec 54.5%.

**Discussion :** tous les paramètres n'augmentent pas de manière linéaire avec la distance, mais une partie d'entre eux évoluent en suivant la forme d'une courbe en U, avec des valeurs plus élevées pour les distances inférieures et supérieures.

**Conclusion :** les effets de la distance sont variables sur les caractéristiques des blessures (ex. localisation, sévérité, typologie, ...) et semblent spécifiques à chaque distance analysée.



Mains Libres, 3-2017; 33-41 ///

## Clarification de la notion clinique d'épine irritative d'appui plantaire – effets posturaux et oculomoteurs et intérêt diagnostique du quotient plantaire

A. Foisy, Z. Kapoula

**Introduction :** nous avons évalué si des sujets avec Inefficacité des Afférences Plantaires (IAP), caractérisés par un Quotient Plantaire (QP) <100, sont plus instables et contrôlent moins bien leur vergence que les sujets au QP normal (par ex. >100, SQPN). Nous avons aussi recherché quels paramètres de

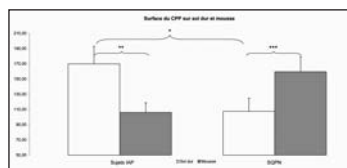
stabilité sont affectés par l'interposition de mousse dans les deux groupes.

**Méthode:** nous avons évalué le degré d'utilisation des afférences extéroceptives plantaires de 31 sujets jeunes et sains par la méthode du QP (QP = SurfaceCPP sur sol dur / SurfaceCPP sur mousse x100). Nous avons analysé leurs performances posturales (en fixation visuelle et lors de mouvements oculaires) et oculomotrices après les avoir classés en deux groupes en fonction de leur QP.

**Résultats:** les résultats n'ont pas montré de différences significatives entre les deux groupes de sujets sur le contrôle de la vergence, ni de la posture (sauf la surface, intervenant dans la classification des sujets). En revanche les sujets IAP présentent une stabilité améliorée sur mousse (polystyrène extrudé, 6mm, shore 20A), y compris sur la longueur et la variance de la vitesse, alors que c'est l'inverse pour les SQPN.

**Discussion:** ce comportement paradoxal des sujets IAP, ainsi que leur utilisation moindre des afférences extéroceptives plantaires valident la notion clinique de nociception plantaire non consciente nommée « Epine Irritative d'Appui Plantaire ».

**Conclusion:** il est probable qu'elle doit être présente plus longtemps pour produire des différences entre les groupes sur le plan du contrôle postural, oculomoteur, voire symptomatique.



Mains Libres, 3-2017; 43-51 ///

### Echographie musculo-squelettique et pulmonaire : applications possibles pour le kinésithérapeute

J. Wormser, M. Lemarinel, A. Demont, A. Le Neindre

**Introduction:** historiquement, les premières utilisations de l'échographie en physiothérapie ont permis d'évaluer la fonction musculaire avec plus de précision que les outils de mesure habituels. Son utilisation s'est ensuite développée dans le domaine musculo-squelettique et plus récemment en physiothérapie respiratoire.

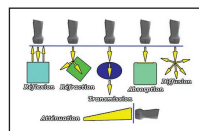
**Développement:** c'est un outil précis, reproductible, non invasif et non irradiant permettant d'améliorer le processus décisionnel du kinésithérapeute afin d'orienter le traitement et suivre l'évolution du patient. Il s'agit d'un outil complémentaire dans la réalisation du bilan diagnostique kinésithérapique.

**Discussion:** l'amélioration de la précision de l'examen clinique grâce à l'échographie pourrait éviter des traitements excessifs et inutiles. Cependant, toute utilisation systématique de l'échographie par le kinésithérapeute est à proscrire, c'est l'examen clinique qui doit primer.

En suivant son traitement à l'aide d'images échographiques, le kinésithérapeute pourra réorienter le patient en cas de non évolution de la pathologie, optimisant ainsi la prise en charge du patient.

Il faut néanmoins rester vigilant, car certaines études actuelles ne semblent pas montrer de corrélation entre les observations échographiques et les différents stades de tendinopathie, notamment au niveau du tendon d'Achille et des tendons de la coiffe des rotateurs. D'autres études sur différents tendons seraient donc intéressantes.

**Conclusion:** l'échographie reste cependant un outil opératoire dépendant et son application clinique nécessite une formation encadrée et évaluée, ainsi que des bases solides en anatomie et physiologie de la structure analysée.



Mains Libres, 3-2017; 53-61 ///

### Evaluation des effets de l'activité physique sur le système lymphatique de patientes avec lymphœdème secondaire à une chirurgie de cancer du sein

R. Barbieux, J. Redaway, P. De Backer, C. Thomas, M. Mariana Roman, O. Leduc, A. Leduc, P. Bourgeois, S. Provyn

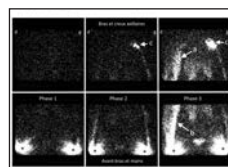
**Introduction:** l'activité physique pratiquée de manière adéquate a montré de nombreux effets bénéfiques pendant et après le traitement de patientes atteintes du cancer du sein. Toutefois, dans le cas du lymphœdème l'activité physique a longtemps été déconseillée. Le but de l'étude est d'observer les effets de l'activité physique sur le système lymphatique de patientes ayant développé un lymphœdème secondaire suite à une chirurgie du cancer du sein (LSCS).

**Méthodes:** les images des 3 phases d'examen lymphoscintigraphiques des deux membres supérieurs chez 122 patientes avec LSCS unilatéral ont été analysées utilisant des critères d'évaluation du flux lymphatique, du développement de collatérales lymphatiques et de l'extension de celles-ci jusqu'à la racine du membre.

**Résultats:** dans 0.8 % des cas, les ganglions (Ggs) lymphatiques axillaires (Ax) sont visibles en phase 1 (après 30 minutes au repos) contre 27 % en phase 2 (après 15 minutes d'exercices) et 65 % en phase 3 (après une heure d'activité normale). Dans 58 % des cas, des collatérales lymphatiques (collatéralisations dermiques superficielles (CDS) ou Ggs lymphatiques particuliers) sont visibles en phase 2 contre 75 % en phase 3. Les patientes développent dans 17 % des cas des collatérales rejoignant le creux Ax en phase 2 contre 46 % en phase 3.

**Discussion:** pour les patientes développant un LSCS, maintenir un certain niveau d'activité physique pourrait être bénéfique dans certaines conditions pour le drainage lymphatique du membre supérieur.

**Conclusion:** le flux lymphatique, le développement de collatérales et l'extension de ces collatérales semblent augmenter avec l'activité physique.



# A REMETTRE

CABINET DE PHYSIOTHÉRAPIE ET/OU OSTÉOPATHIE

ET/OU AUTRES PROFESSIONS DE SOINS OU MÉDICALES, CLÉS EN MAINS

Adresse :

4, r. Caroline,  
**1003 LAUSANNE**,  
4<sup>e</sup> étage

## Convierait pour 2 ou 3 thérapeutes

4 salles de traitement (éventuellement divisibles), grande réception/salle d'attente, local technique/cuisine, local d'archivage, cave

### Situation de premier plan :

métro M2, bus à la porte; parking dans l'immeuble (centre Coop Caroline)

### Matériel :

tables de soins électriques, Orthotron KT2 (isocinétique), US/électro combiné, ondes de chocs radiales (Swiss Dolorclast Master), Scapuléo, Myolux, cryothérapie gazeuse hyperbare, Myotest, etc.

**Clientèle de 30 ans**; programme Gynphys (4500 patients)

### Reprise à discuter

Loyer mensuel : 4200.- CHF + charges.  
2 places de parc : 350.- CHF chacune



**Connectez-vous  
aux chevilles  
de vos patients !**

**PLUS PERTINENT  
QUE L'ISOCINÉTISME\***

Mesure objective des déficits  
& performances des chevilles.

Proprioception / force / travail  
fonctionnel

 **myolux**  
L'innovation en rééducation



\*Clinical Biomechanics Déc 2016.

Assessment of evorter weakness in patients  
with chronic ankle instability :  
Functional versus isokinetic testing.  
Romain Terrier, Francis Degache, François  
Fourchet, Boris Gojanovic, Nicolas Forestier

**ICCPHYSIO**

Innovation.Conception.Conseil  
pour la physiothérapie

04 79 25 71 00  
contact@iccpophysio.com



Savoie Technolac  
Passerelle 6  
30 allée Lac d'Aiguebelette  
73370 Le Bourget-du-Lac  
FRANCE

**myoLux**  
**medik**  
e-volution

www.myolux.com



# Comparaison de l'efficacité de deux méthodes de strapping dans la limitation de l'inversion de la cheville durant l'activité

## Comparison of the effectiveness of two taping methods to restrict ankle inversion during activity

PIERRE ARMENGAUD (PT)<sup>1</sup>, NICOLAS FORESTIER (PhD)<sup>2</sup>, ROMAIN TERRIER (PhD)<sup>2</sup>

- 1 Physiothérapeute du sport, Toulouse, France  
Membre de la Société Française des Masseurs-Kinésithérapeutes du Sport et Orthopedic Manual Therapy-France
- 2 Université Savoie Mont-Blanc (USMB) département STAPS, Laboratoire Interuniversitaire de Biologie de la Motricité (LIBM - EA 7422), Le Bourget du lac, France

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt en relation avec cet article

### Keywords

Taping, Non-elastic band, Ankle, Inversion, Activity

### Mots clés

Strapping, bande rigide, cheville, inversion, activité

### Abstract

**Introduction :** lateral ankle sprain is one of the most common injury encountered in sports practice. Taping is a tool used as a back-up aid and it is commonly accepted that its effectiveness to control ankle inversion is less than 30 minutes.

**Objective:** the aim of the study is to compare the effectiveness of two ankle tapings on the restriction of the inversion during sports.

**Method:** 18 healthy volunteers were tested and randomized in two ways of taping: with and without non-elastic bands. They followed an exercise protocol. The measurements of ankle range of motion were taken at 0 minute, 20 minutes and 40 minutes of exercise as the evaluation of the holding feeling expressed by the subjects.

**Results:** during 40 minutes of activity, the mechanical limitation of the mix taping with rigid and elastic bands was statistically superior of 16% to the one containing only elastic bands with regard to the mechanical limitation. Regardless

### Résumé

**Introduction :** l'entorse latérale de cheville est une des blessures les plus communes rencontrées dans la pratique sportive. Le strapping est un outil utilisé comme une aide au retour sur le terrain et il est communément admis que son efficacité pour contrôler l'inversion de cheville est de moins de 30 minutes.

**Objectif:** cette étude a été mise en place pour comparer l'efficacité de deux strappings de cheville sur la limitation de l'inversion durant l'activité sportive.

**Méthode:** 18 volontaires sains ont été testés et randomisés avec deux modalités de strapping: avec et sans bandes rigides. Ils ont suivi un protocole d'exercices. Les mesures des mobilités de la cheville ont été faites à 0 minute, 20 minutes et 40 minutes d'exercice tout comme l'évaluation de la sensation de maintien exprimée par les participants.

**Résultats:** durant 40 minutes d'activité, la limitation mécanique du strapping qui intégrait des bandes rigides était statistiquement supérieure de 16% à celui ne contenant que des bandes

of the bandage, there is a decrease in its effectiveness during the activity of 25% for inversion limitation.

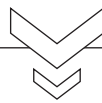
**Discussion:** despite a statistically significant objective result in favor of the bandage containing the rigid bands, the absence of difference in feel between the two tapings can be explained by the perception of the contact of the band on the skin. It would be interesting to extend the study by making measurements with an exclusively rigid bandage using the same methodology by extending the acquisition duration.

**Conclusion:** the choice of the taping can have a significant effect on the restriction of the inversion during the activity. So we will advise an athlete in a recovery phase to use a non elastic bands taping.

élastiques. Quel que soit le bandage, il y a une diminution de son efficacité au cours de l'activité de 25% pour la limitation de l'inversion.

**Discussion:** malgré un résultat objectif statistiquement significatif en faveur du bandage contenant les bandes rigides, l'absence de différence de ressenti entre les deux strappings peut être expliqué par la perception du contact de la bande sur la peau. Il serait intéressant de prolonger l'étude en faisant des mesures avec un bandage exclusivement rigide avec la même méthodologie en prolongeant l'acquisition.

**Conclusion:** le choix du type de bandage peut avoir un effet significatif sur la limitation de l'inversion pendant l'activité. On conseillera donc à un athlète en phase de reprise un strapping intégrant des bandes rigides.



## Introduction

L'entorse latérale de cheville est une des blessures les plus communes rencontrées dans la pratique sportive<sup>(1)</sup>. Elle représente entre 10% et 28%<sup>(1-2)</sup> de la traumatologie du sport, soit en France, 6'000 entorses par jour<sup>(3)</sup>. C'est une pathologie associée à un fort impact économique, que ce soit en termes d'arrêt de travail ou d'indisponibilité sportive.

Ce traumatisme affecte le plus souvent les pratiquants de sports avec changements de direction et sauts répétés comme le basket-ball, le handball, le football ou le rugby<sup>(4)</sup>. Ces activités créent des conditions susceptibles de favoriser l'inversion forcée de la cheville, mécanisme pathologique commun pour les entorses latérales.

Dans le milieu du sport, et d'autant plus dans le sport amateur, cette pathologie est couramment négligée par les pratiquants. Il en résulte des douleurs chroniques, une faiblesse musculaire, une altération de l'acuité proprioceptive et un risque accru de récidive<sup>(1)</sup>.

Le «strapping» ou «tape» pour les anglo-saxons est communément utilisé pour le retour à l'activité et, par la suite, en prophylaxie. Le terme de «strapping» vient du nom de la bande rigide «strappal®» (Strappal, BSN médical, Le Mans). En France, ce terme est utilisé à mauvais escient car le montage n'est souvent composé dans les faits que de bandes élastiques. Certaines études indiquent qu'un strapping prophylactique permettrait une diminution de 32,8 à 14,7 / 1000 de l'incidence des entorses latérales de cheville<sup>(4)</sup>. Même si ces chiffres sont flatteurs, il convient de rappeler que si le strapping peut être un complément au programme de rééducation, il ne le remplace pas car les objectifs sont clairement différents. Le strapping s'inscrit dans une approche de protection, de support des structures lésées, alors que la rééducation a pour but de restaurer la fonction.

Deux hypothèses principales peuvent être avancées pour expliquer les effets observés du strapping. D'une part, une protection de la cheville peut être attribuée aux propriétés

mécaniques de la bande qui diminue l'amplitude mais aussi la vitesse angulaire du mouvement d'inversion de cheville<sup>(4-5)</sup>. Il convient néanmoins de rappeler que les fibulaires sont trois fois plus efficaces qu'une bande rigide pour limiter l'inversion de cheville<sup>(6)</sup>. D'autre part, le strapping peut également représenter une aide proprioceptive. Le contact avec la peau est supposé améliorer la qualité et la quantité des informations sensibles d'origines cutanée et proprioceptive. Chez des participants sains, cela permet d'optimiser la proprioception en flexions plantaire et dorsale<sup>(2)</sup>. Cependant, il semblerait que le strapping n'ait aucune influence immédiate sur le temps de réponse des fibulaires à une inversion inattendue<sup>(5)</sup>.

Il est généralement admis que l'effet d'un strapping ne persiste pas plus de 30 minutes lors de l'activité. Plusieurs études<sup>(5-7-8-9-10-11-12)</sup> ont confirmé l'existence d'une perte de la limitation des amplitudes au cours du temps. L'altération de limitation la plus importante a lieu dans les 15 premières minutes d'activité<sup>(4-8-10-11)</sup>. Après 24 heures d'activités quotidiennes, la limitation résiduelle est seulement de 7.8%<sup>(8)</sup>. A notre connaissance, il n'existe pas dans la littérature de consensus clair quant à la supériorité des bandes rigides par rapport aux bandes élastiques sur le soutien mécanique de la cheville lors de l'activité<sup>(5)</sup>. Parmi les différents travaux identifiés, une étude rapporte que la limitation d'amplitude décroît plus rapidement avec le tape rigide. Les auteurs conseillent donc le strapping élastique, qui est par ailleurs perçu comme plus confortable pour un traitement prophylactique<sup>(9)</sup>. Une autre étude a même montré que la bande rigide perd ses propriétés de limitation de l'inversion à hauteur de 99% après 30 minutes<sup>(4)</sup>. Cependant, une diminution de limitation d'amplitude plus rapide ne renvoie pas forcément à une limitation finale inférieure à celle du tape élastique. Si les études ne démontrent pas clairement la supériorité d'une méthode de taping sur l'autre, c'est aussi qu'il existe autant de techniques de strapping que de thérapeutes.

Dans ce contexte, l'objectif de notre étude consistait à comparer l'altération de la limitation mécanique au cours du temps de

deux strappings standardisés, lors de la pratique d'une activité physique également standardisée. Un montage était composé exclusivement de bandes extensibles, alors que l'autre, qualifié de mixte, était composé de bandes élastiques et rigides, en référence à une pratique clinique courante. L'hypothèse émise était que le montage rigide assure une limitation plus importante de l'inversion avant et après l'activité que le montage contenant exclusivement des bandes élastiques.

## Méthode

### Sujets

Dix-huit participants volontaires ont été inclus dans l'étude. Tous les participants étaient en bonne condition physique, sans antécédent de pathologie des membres inférieurs dans les 12 mois précédant leur inclusion dans l'étude. Les principales caractéristiques des sujets sont décrites dans la [tableau 1](#).

### Tâche et procédure

Le consentement éclairé des sujets a été obtenu, conformément aux recommandations du comité d'éthique local qui a donné son accord pour cette étude. Les participants étaient informés que l'on testait l'effet de l'activité sur le strapping. Ils n'étaient pas informés qu'il existait deux groupes, avec deux montages différents (élastique et mixte). Les sujets ont été répartis de manière randomisée en deux groupes: un groupe strapping élastique (Elasto) et un groupe strapping mixte élastique / rigide (Mix). L'opérateur était un masseur-kinésithérapeute diplômé d'état avec une formation complémentaire en kinésithérapie du sport. La limitation résiduelle était évaluée après 40 minutes au total, avec une évaluation intermédiaire après 20 minutes. Cette durée totale a été choisie car elle correspond au temps d'une mi-temps de rugby après laquelle le staff a la possibilité de re-strapper la cheville du joueur si nécessaire. Concrètement, nous avons cherché à déterminer dans quelle mesure les deux méthodes de strapping limitaient encore l'amplitude de la cheville suite à 40 minutes d'activité sportive, et par extension si l'un des montages pouvait être considéré comme supérieur sur la base de la persistance de ses propriétés mécaniques.

Les participants étaient soumis au protocole suivant :

- 1) Randomisation (affectation aléatoire) à un groupe)
- 2) Test de latéralité

- 3) Rasage
- 4) Mesures sans strapping
- 5) Mise en place du cardio-fréquence-mètre
- 6) Mise en place du strapping standardisé
- 7) Mesures immédiates à T0 (capteurs+ question subjective)
- 8) 20 min du protocole d'exercices
- 9) Mesures à T20 (capteurs+ question subjective)
- 10) 20 min du protocole d'exercices
- 11) Mesures à T40 (capteurs+ question subjective)

Le rasage chez les participants masculins a permis d'éliminer les poils qui auraient pu favoriser ou limiter l'accroche de la bande par rapport aux sujets féminins déjà épilés.

Pour chaque participant, le strapping a été posé sur la jambe dominante. Afin de déterminer la latéralité, chaque sujet se tenait debout pieds parallèles et était soudainement déséquilibré vers l'avant. Nous avons déterminé que le pied dominant était celui qui était spontanément utilisé pour récupérer l'équilibre antérieurement.

Les deux modalités de strapping ont été standardisées ([Annexe1](#)). Les passages de bandes étaient identiques, de même que les mises en tension de la bande. Seuls les types de bandes différenciaient les conditions expérimentales.

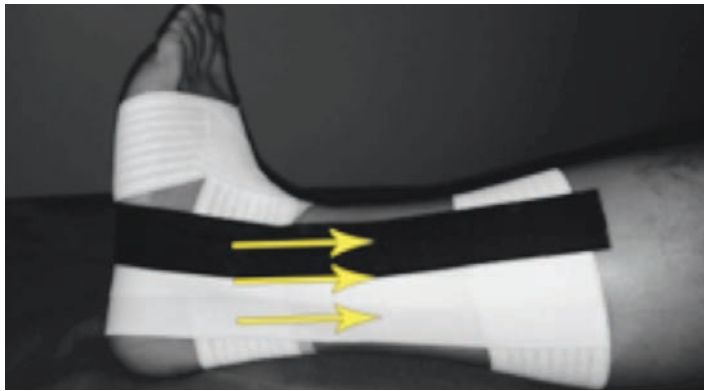
Tous les strappings ont été effectués avec des bandes élastiques en 6 cm et 3 cm de largeur (Elastoplast® Bande Adhésive Élastique, Beiersdorf, Paris, France) et des bandes rigides en 3.75 cm de largeur (Elastoplast®Rigid Strap, Beiersdorf, Paris, France).

Les principales modalités d'application des strappings en bandes élastiques et mixtes peuvent être présentées comme suit :

- Protection du tendon d'Achille et des extenseurs avec lubrifiant et gaze.
- Ancrage avant-pied / jambe / arrière-pied à la bande élastique 6 cm. Ces bandes d'ancrage sont importantes car la bande rigide colle peu sur la peau, alors qu'elle colle très bien sur le tissu, contrairement à la bande élastique qui colle mieux en application directe sur la peau.
- Mise en position : environ 5 degrés de dorsiflexion et légère éversion à tenir toute la durée de la mise en place des bandes.

Caractéristiques	Elasto	Mix
Sexe	5 hommes / 4 femmes	6 hommes / 3 femmes
Age	26.30 ans	26.05 ans
Masse	68.63 kg	69.00 kg
Taille	171.00 cm	170.62 cm
Pointure	41.26	41.32
Latéralité	8 droites / 1 gauche	6 droites / 3 gauches

› Tableau 1 : caractéristiques générales de la population étudiée



› Figure 1 : mise en place des 3 étriers



› Figure 2 : première bande de stabilisation du talus vue médiale



› Figure 3 : première bande de verrouillage calcanéen vue médiale



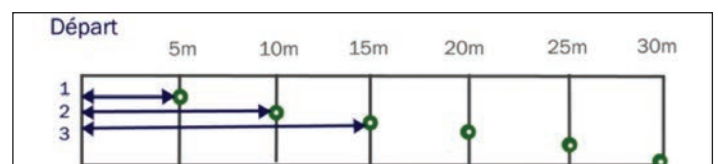
› Figure 4 : bande en 8, mise en tension latérale

- 3 étriers de bandes élastiques (Elasto) ou rigide (Mix) 3.75 cm avec mise en tension latérale pour limiter le varus de l'arrière pied. (Figure 1)
- 2 bandes élastiques (Elasto) ou rigides (Mix) de 3.75 cm de stabilisation du talus : une bande qui démarre en direction latérale et une en direction médiale. (Figure 2)
- 2 bandes élastiques (Elasto) ou rigides (Mix) de 3.75 cm en « croix » autour de l'axe tibial de verrouillage calcanéen en finissant parallèles : une bande qui démarre en direction latérale et une en direction médiale (Figure3).
- Fermeture en bande élastique de 6 cm en 8 avec mise en tension latérale pour limiter le varus. (Figure 4)

Les participants suivaient un protocole d'exercices standardisé qu'ils réalisaient deux fois. Le bloc d'exercices a été conçu pour se rapprocher au maximum des types et intensités de sollicitations caractéristiques de la pratique de terrain en sport collectif, avec des changements de direction, des rotations, des flexions-extensions maximales pour solliciter au maximum le strapping. L'objectif consistait à atteindre des fréquences cardiaques proches des valeurs maximales théoriques, afin que les participants ne soient pas en situation de sur-contrôle de leurs chevilles, ce qui aurait pu artificiellement protéger le bandage. Concrètement, les valeurs moyennes et maximales ont été enregistrées à partir du cardio fréquencemètre afin de s'assurer que les sujets aient atteint, à 5% près, la fréquence maximale (Fc max) théorique, en utilisant la formule  $Fc \text{ max} = 206,9 - 0,67 \times \text{âge}$  (13).

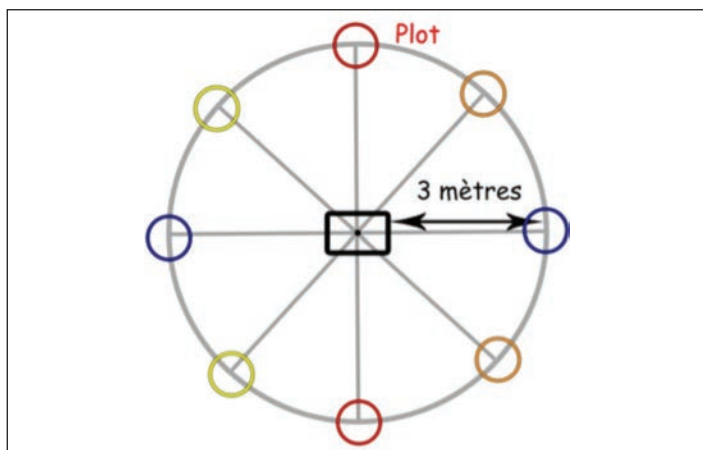
Le protocole d'exercices se déroulait de la manière suivante :

1. 4 minutes à allure « footing de 30 minutes »
2. 1 min de repos marche active
3. 6 minutes d'exercices type navettes australiennes (Figure 5) avec 6x30 secondes d'effort à 90% de la Fc max, 30 secondes de repos actif (marche) avec un maximum d'allers-retours dans les 30 secondes d'effort. C'est à ce moment que le participant devait atteindre la fréquence cardiaque la plus élevée en se rapprochant de sa Fc max. Les principaux intérêts de cette phase sont les changements de direction violents à intensité maximale qui limitent son implication cognitive dans le contrôle articulaire des chevilles.



› Figure 5 : navettes australiennes

4. 1 min de repos marche active
5. 2x2 minutes avec 1 minute de repos actif : au signal, changement de direction aléatoire, vers des plots en étoile (Figure 6) à 3 mètres autour d'un point sur lequel le participant devait toujours se replacer. Départ toutes les 10 secondes au maximum de l'intensité.



› Figure 6 : changements de direction

2 sollicitations axiales (avant et arrière), 4 latérales pures (2 gauches, 2 droites), 2 diagonales en arrière (gauche, droite), 4 diagonales en avant (2 gauches 2 droites).

Exemple de passage :

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. Avant jaune    | 7. Avant orange   |
| 2. Arrière orange | 8. Bleu gauche    |
| 3. Bleu gauche    | 9. Avant orange   |
| 4. Arrière jaune  | 10. Avant jaune   |
| 5. Avant rouge    | 11. Arrière rouge |
| 6. Bleu droite    | 12. Bleu droite   |

Tirage au sort de chaque série pour avoir un passage varié et aléatoire.

- 1 minute de repos marche active.
- 2 minutes de squats jump, 1 toutes les dix secondes pour entrainer une sollicitation en flexion dorsale et flexion plantaire du strapping.

### Paramètres analysés

Chaque mesure a été réalisée trois fois. Une moyenne a été calculée et utilisée pour les analyses.

Les angles de flexion, d'extension, d'éversion, et d'inversion ont été mesurés à l'aide de deux capteurs inertiels Bioval® et du logiciel SICOMORE de la société RM Ingénierie. La précision de la mesure était de l'ordre du degré. Ces capteurs ont été utilisés car ils sont un bon compromis entre mise en œuvre sur le terrain et précision de la mesure. D'un point de vue technologique, le capteur inertielle se compose de plusieurs capteurs élémentaires : un accéléromètre 3D, un gyroscope 3D et un magnétomètre 3D. Les informations recueillies par ces capteurs sont associées grâce à l'utilisation d'un algorithme de fusion de données. Le principe de cet algorithme est d'estimer puis corriger l'altération des données de chacun des capteurs élémentaires en utilisant les informations des autres capteurs. Plusieurs études se sont intéressées à la précision angulaire des capteurs inertiels, rapportant une précision de l'ordre de 3° à 5° lors d'essais dynamiques<sup>(14-15)</sup>. Pour le calcul des angles articulaires, la précision rapportée est du même ordre de grandeur (2° à 4°), lorsqu'une autre technologie non-invasive est prise pour référence<sup>(16-17-18)</sup>. Les récents travaux de *Lebel et al.*<sup>(19)</sup>

réalisés en 2015, mettent toutefois en avant une diminution de la précision angulaire des capteurs inertiels au cours du temps.

Un capteur était placé sur la face dorsale du pied en regard du corps du 2<sup>e</sup> métatarsien, et un autre sur la crête tibiale interne à 20 cm de la malléole interne (au-dessus de la bande).

Avant chaque mesure, une remise à zéro est réalisée par le logiciel. De manière à standardiser la position de départ, le participant était debout en appui contre le mur, avec des repères au sol pour son talon et son gros orteil, et sur le mur (au niveau de la tête) pour que l'angulation initiale pied/jambe soit constante, et ainsi obtenir des valeurs de références comparables.

La mesure était effectuée en actif et la consigne transmise au sujet était d'exercer toujours la même tension sur le bandage, quelle que soit la direction, toujours dans le même ordre (flexion dorsale, flexion plantaire, éversion, inversion).

La première mesure était précédée de 3 sollicitations dans chaque direction afin que le participant comprenne et maîtrise le bon mouvement.

Si le principal mouvement à limiter et à analyser était bien l'inversion, les 3 autres axes de mobilité étaient également impactés par le bandage. Les mesures en flexion dorsale, flexion plantaire et en éversion ont donc été réalisées afin d'avoir une idée globale de la perte de mobilité du bandage. Elles seront à mettre en perspective avec la sensation subjective de maintien ressentie par les participants.

La position des capteurs était indiquée au feutre sur la peau ou le strapping de manière à garantir un positionnement reproductible lors de chaque mesure car les participants n'avaient pas de capteurs sur eux durant les phases d'effort afin de garantir un engagement maximal. A l'issue de chaque session de mesure avec strapping, ils devaient indiquer « quelle était leur sensation de maintien global » au moyen d'une note cotée de 0 à 20, 0 étant la cheville libre et 20 la cheville immobilisée totalement...

### Analyse statistique

La limitation de l'amplitude articulaire assurée par le bandage était déterminée suivant la formule :

$$\text{Limitation} = 100 - \frac{\text{Moyenne avec bandage au temps T}}{\text{Moyenne sans bandage}} \times 100$$

L'analyse statistique des données était réalisée sur le pourcentage de limitation du bandage. Chaque valeur représente donc le pourcentage de limitation par rapport à une limitation totale supposée de 100 %.

Les résultats ont été organisés en deux fois 3 groupes, un groupe était créé pour chaque mesure et chaque modalité de bandage. Le test de Shapiro-Wilk a confirmé la distribution normale des données. Une ANOVA à mesures répétées a été utilisée afin d'analyser l'effet groupe, l'effet temps et l'interaction entre les deux ces deux paramètres.

Le seuil de significativité était positionné à  $p < 0.05$ .

## Résultats

Les pourcentages moyens de limitation de mobilité en flexion, extension, inversion et éversion sont présentés dans les [Tableaux 2, 3, 4 et 5](#).

La significativité des différences est présentée pour les mesures de la limitation en inversion uniquement car elles sont les plus pertinentes vis à vis du mécanisme traumatique le plus courant, à savoir l'entorse latérale de cheville. En revanche, les autres mesures sont intéressantes et à rapprocher de la sensation subjective globale de maintien de la cheville des participants.

### Pour la mesure objective de la limitation mécanique de l'inversion

L'ANOVA à mesures répétées des valeurs de la limitation de l'inversion des deux groupes (Mix et Elasto) par 3 temps (T0, T20, T40) a mis en évidence 3 résultats importants.

#### • Différence entre les groupes :

L'analyse a révélé une différence significative entre les groupes. La limitation d'amplitude dans le groupe Mix était globalement (par ex. sur les trois temps confondus) significativement supérieure à celle du groupe Elasto ( $p < 0,05$ ).

Le pourcentage moyen de la perte de limitation de mobilité en inversion était de 46% ( $\pm 13\%$ ) pour le groupe MIX et de 29% ( $\pm 14\%$ ) pour le groupe Elasto ([Figure 7](#)).

#### • Différence dans le temps :

Dans les deux groupes une perte de la limitation significative au cours du temps ( $p < 0,05$ ) a été objectivée.

La perte de limitation moyenne en inversion tous groupes confondus était de 52.5% ( $\pm 12\%$ ) à T0. A T20, elle était de 33.5% ( $\pm 11\%$ ) et à T40 de 27% ( $\pm 13\%$ ) ([Figure 8](#)).

Limitations moyennes	Groupe MIX		Groupe ELASTO	
	Limitation	Ecart type	Limitation	Ecart type
T0	40 %	16 %	38 %	15 %
T20	23 %	10 %	29 %	15 %
T40	16 %	12 %	25 %	15 %

› Tableau 2 : pourcentage moyen de limitation de mobilité en flexion

Limitations moyennes	Groupe MIX		Groupe ELASTO	
	Limitation	Ecart type	Limitation	Ecart type
T0	40 %	19 %	40 %	15 %
T20	24 %	13 %	21 %	12 %
T40	21 %	15 %	11 %	11 %

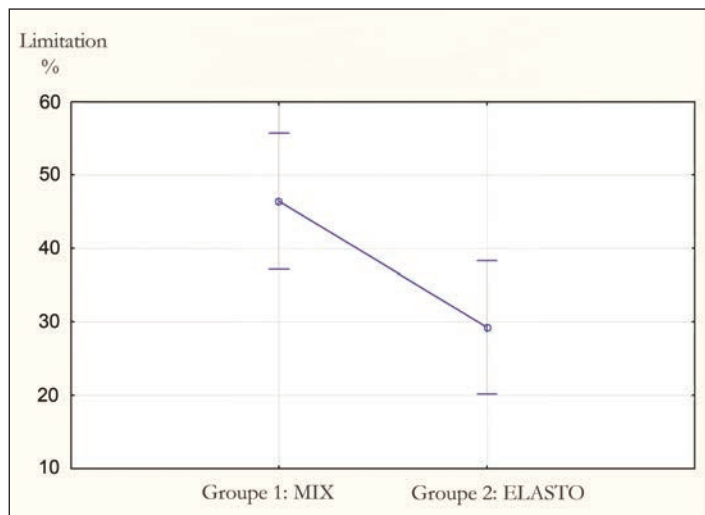
› Tableau 3 : pourcentage moyen de limitation de mobilité en extension

Limitations moyennes	Groupe MIX		Groupe ELASTO	
	Limitation	Ecart type	Limitation	Ecart type
T0	35 %	19 %	33 %	18 %
T20	29 %	18 %	22 %	15 %
T40	24 %	11 %	21 %	18 %

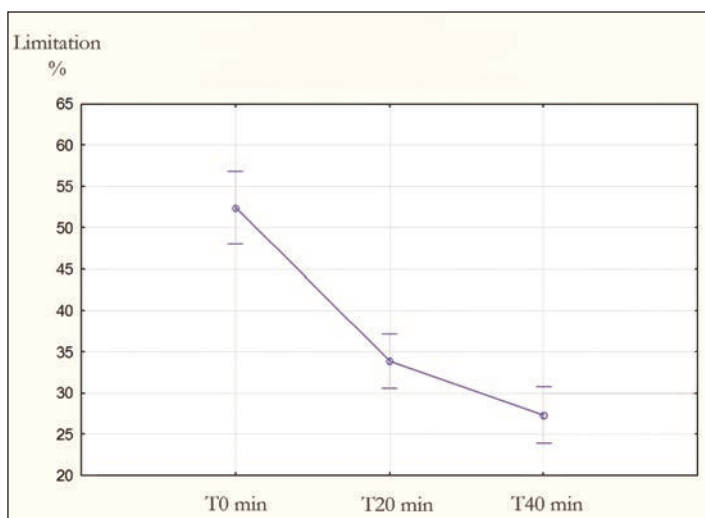
› Tableau 4 : pourcentage moyen de limitation de mobilité en éversion

Limitations moyennes	Groupe MIX		Groupe ELASTO	
	Limitation	Ecart type	Limitation	Ecart type
T0	54 %	11 %	42 %	11 %
T20	38 %	8 %	23 %	6 %
T40	34 %	9 %	16 %	6 %

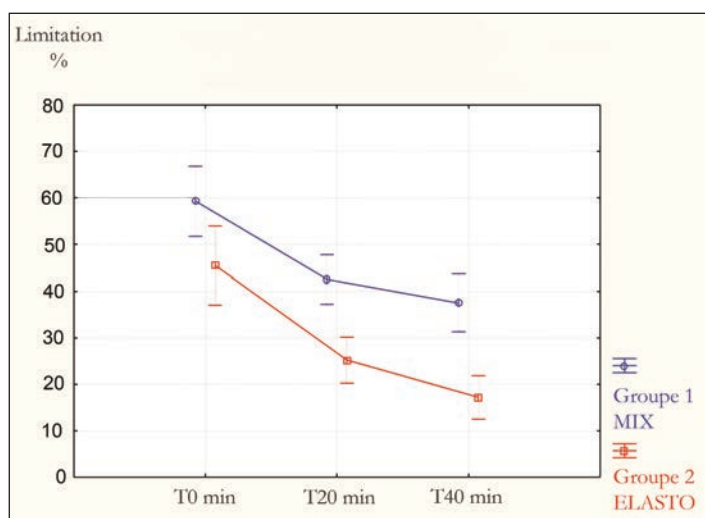
› Tableau 5 : pourcentage moyen de limitation de mobilité en inversion



› Figure 7 : limitation moyenne (%) de l'inversion au cours du temps groupes MIX et Elasto réunis. Effet significatif ( $P < 0.05$ ). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95 %.



› Figure 8 : limitation moyenne (%) de l'inversion au cours du temps groupes MIX et Elasto réunis. Effet significatif ( $P < 0.05$ ). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.



› Figure 9 : limitation moyenne (%) de l'inversion dans les deux groupes au cours du temps. Effet non significatif ( $p = 0.30$ ). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.

Le graphique montre une forte diminution de la limitation dans les 20 premières minutes (19%). La diminution était moins forte pendant les 20 minutes qui ont suivi (6.5%) (Figure 8).

• Interaction Groupe vs Temps:

L'ANOVA à mesures répétées n'a pas permis de mettre en évidence de différence significative dans l'interaction entre les groupes et le temps ( $p = 0.31$ ). L'évolution de la limitation d'amplitude n'était donc pas significativement différente entre le groupe MIX et le groupe ELASTO.

**Pour la mesure objective de la limitation mécanique de l'inversion**

Les moyennes des mesures de la sensation globale de maintien de la cheville sur une échelle de 0 à 20 sont présentées dans le tableau 6.

	MIX	ELASTO
<b>Moyenne T0</b>	14.89/20 ( $\pm 1.45$ )	13.44/20 ( $\pm 3.01$ )
<b>Moyenne T20</b>	11.00/20 ( $\pm 1.87$ )	11.67/20 ( $\pm 3.24$ )
<b>Moyenne T40</b>	9.44/20 ( $\pm 2.19$ )	8.44/20 ( $\pm 2.70$ )

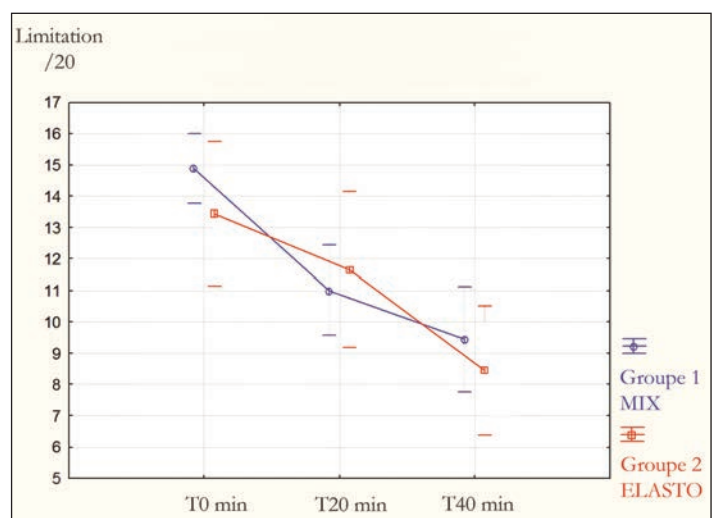
› Tableau 6 : moyenne de la sensation globale de maintien de la cheville

Si la différence entre les groupes n'était pas significative ( $p > 0.05$ ), une diminution significative de la limitation d'amplitude au cours du temps a été mise en évidence ( $p < 0.05$ ).

Comme l'illustre la figure 10, l'interaction entre la sensation de maintien et le temps n'était pas significativement différente entre les deux groupes ( $p > 0.05$ )

**Discussion**

Le but de ce travail consistait à comparer l'évolution temporelle de la limitation mécanique du mouvement d'inversion



› Figure 10 : sensation de limitation (/20) dans les deux groupes au cours du temps. Effet non significatif ( $p > 0.05$ ). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.

associée à la pose d'un strapping composé exclusivement de bandes extensibles (Elasto) ou d'un mélange de bandes élastiques et rigides (Mix).

Un premier niveau d'analyse consiste à s'intéresser à l'évolution des paramètres mécaniques et subjectifs au cours des 20 premières minutes d'activité physique; les résultats démontrent une altération significative et importante de ces paramètres pour les deux méthodes de strapping. Ces résultats sont en accord avec ceux communément retrouvés dans la littérature <sup>(4-8-10-11)</sup>. Cependant, dans notre travail, les valeurs associées à la pose des bandes rigides s'avèrent être assez éloignées des données de l'étude de *Purcell et al* <sup>(4)</sup> qui font état d'une perte de limitation mécanique estimée à 99 % au bout de 30 minutes. Ce différentiel peut s'expliquer par la nature du montage utilisé. *Purcell et al* <sup>(4)</sup> ont en effet utilisé des bandes non-élastiques comme bandes d'ancrage. Or, il s'avère que ce type de bande résiste très peu à la transpiration, ce qui explique le faible maintien de la cheville post-exercice. Cet effet est également renforcé par la présence de très fines bandes de mousse de protection cutanée limitant le pouvoir d'adhérence du montage. Finalement, nous pouvons considérer que l'effet de ce montage s'apparente à celui d'une orthèse en tissu rigide, plutôt qu'à celui d'un strapping qui adhère à la peau. Afin de maintenir une limitation de l'amplitude d'inversion la moins altérée possible au cours du temps, il semble donc pertinent d'utiliser un montage qui assure une bonne adhérence cutanée des bandes d'ancrage sur lesquelles viennent s'insérer des bandes chargées de limiter le mouvement.

La perte de limitation en inversion s'est poursuivie au-delà des 20 minutes, avec une pente plus modérée que lors des 20 premières minutes et de manière similaire pour les deux conditions de pose. Les résultats obtenus au terme des 40 minutes d'exercice permettent de constater la supériorité du strapping associant les deux types de bandes par ex. élastiques et rigides en terme d'effet mécanique. En effet, dans cette condition la limitation du mouvement d'inversion, et donc l'efficacité mécanique, diminue de 54 % contre 71 % en présence d'un strapping élastique. Par ailleurs, nous pouvons noter sur la [figure 13](#) que les étendues des intervalles de confiance à 95 % entre les 2 groupes (Elasto et Mix) ne se superposent pas, ce qui illustre la nette différence de comportement mécanique entre les 2 montages après 40 minutes d'effort physique.

Toutefois, ce gain mécanique ne semble pas perceptible par les sujets qui rapportent la sensation d'être maintenus de la même manière avec les deux modalités de strapping. Les différences constatées entre l'évolution des mesures objectives et celle du ressenti subjectif des participants peuvent être expliquées par la nature de la question qui leur a été posée. En effet, ils ont été interrogés sur la sensation globale de limitation mécanique sans référence à une direction particulière. Or, comme le montrent nos résultats ([Tableau 1-2-3](#) et [Figures 7-8-9](#)), il s'avère que l'effet du type de montage sur la limitation mécanique est spécifique à la direction en inversion. Il aurait été pertinent de prélever des informations subjectives différenciées en fonction de la direction de sollicitation, à l'image des données objectives prélevées.

Un facteur complémentaire peut également être avancé pour expliquer en partie le fait que les sensations de maintien des

participants ne soient pas corrélées aux mesures objectives relevées pour les deux groupes. En effet, le contact de la bande sur la peau et son effet indirect sur la proprioception d'origine cutanée représente une composante de la perception de maintien non investiguée objectivement ici. Il a été démontré que la présence d'un bandage améliore la proprioception de la cheville <sup>(2)</sup>. Toutefois, ce travail réalisé uniquement chez une population saine ne s'est intéressé qu'à l'axe sagittal. D'autres auteurs ont par ailleurs démontré que la présence d'un strapping améliorerait la détermination de la position spatiale du pied, ce qui peut, in fine, jouer un rôle dans la prévention de l'entorse de cheville <sup>(11)</sup>. A l'inverse, certains travaux concluent que le strapping diminue la capacité à détecter les mouvements dans l'axe d'inversion/éversion chez des participants présentant des entorses de cheville chroniques <sup>(20)</sup> ou n'a pas d'effet sur l'acuité proprioceptive à long terme chez les participants présentant une instabilité chronique <sup>(21)</sup>. Finalement, bien que des résultats positifs concernant l'impact proprioceptif du strapping soient présentés dans la littérature, il ne semble pas exister de consensus clair à ce sujet. Sur les aspects mécaniques, la littérature démontre clairement l'altération rapide de la capacité de limitation mécanique. La présente étude met en évidence la supériorité d'un montage mixte de bandes élastiques et rigides, par rapport à l'utilisation de bandes élastiques uniquement. Si le montage mixte n'est pas associé à une sensation subjective de stabilité supérieure et ne permet pas l'altération dans le temps de la limitation mécanique, son effet protecteur initial supérieur vis-à-vis du mécanisme traumatique en inversion lui permet de conserver une supériorité de performance dans cette direction spécifique après 20 et 40 minutes d'exercice.

Ce travail exploratoire présente plusieurs limites qui semblent importantes à prendre en compte. Ces dernières ont été classées en trois grandes catégories à savoir les biais liés à l'opérateur, ceux relatifs aux participants, et enfin ceux qui concernent la méthodologie. Concernant l'opérateur il s'avère que, bien que la procédure de pose des strapping ait été précisément standardisée, certaines différences de mise en tension ou d'orientation des bandes peuvent exister donnant naissance à une variabilité qualifiée intra-opérateur (les différences inter-opérateurs ayant été contrôlées en choisissant un seul poseur expérimenté pour toutes les mesures). S'il s'agit d'une limite méthodologique sur le plan strictement expérimental, cette condition permet toutefois de se placer dans des conditions réalistes qui correspondent aux pratiques cliniques quotidiennes. Concernant les biais liés aux participants, le type de chaussure, la correction de la position du pied ou encore l'usure, la structure de la chaussure, ont pu avoir une influence sur la stabilité du pied lors de la course et des changements d'appui, et donc sur la sollicitation du strapping. Le niveau d'épuisement musculaire (fatigue) des participants consécutif à la réalisation des exercices a également pu altérer leur capacité à évaluer la tension exercée sur le bandage, et donc l'amplitude mesurée. D'autre part, les participants étaient libres de changer de direction sur le pied de leur choix, les sollicitations du strapping pendant le protocole pouvaient donc différer. Là encore, ces choix ont été faits afin de laisser une liberté d'action aux sujets et de conserver un caractère naturel à la tâche effectuée. Il s'agit d'une balance toujours nécessaire entre la rigueur scientifique et l'ancrage dans les pratiques réelles en



dehors d'un protocole expérimental, condition indispensable au transfert des résultats obtenus à la pratique clinique. Enfin, les limites méthodologiques de ce travail renvoient notamment à l'absence de groupe contrôle. En effet, l'inclusion d'un groupe témoin composé de sujets sains auxquels il aurait été demandé d'effectuer des exercices sans solliciter le bandage mécaniquement aurait permis de déterminer l'évolution objective et subjective des limitations en l'absence de distension des bandes.

## Conclusion

Cette étude suggère qu'il est préférable d'utiliser un montage mixant bandes élastiques et rigides pour favoriser un meilleur maintien mécanique de l'inversion lors de l'activité sportive. Même si pour le participant, il n'existe pas de différence de ressenti global de maintien entre les deux modalités de bandage, la limitation mécanique en inversion est significativement supérieure par rapport à un montage composé exclusivement de bandes élastiques. Le montage mixte ne permet pas d'éviter l'altération rapide (très importante dans les 20 premières minutes d'effort et poursuivie lors des 20 suivantes) de l'efficacité mécanique. C'est sa supériorité initiale qui est conservée en fin d'effort. Comme l'indiquent nos données, le montage mixte après 40 minutes d'effort n'est que 19 % moins efficace que le montage élastique avant tout effort (cf. tableau 4).

Concrètement, en pratique clinique et à la lumière des résultats de l'étude, il nous semble qu'en cas de strapping, le montage mélangeant des bandes élastiques et rigides devrait être privilégié pour un sujet en situation d'instabilité chronique de cheville. Néanmoins, compte tenu de son effet mécanique modéré et rapidement dégressif, cette action de compensation mécanique ne remplacera pas une démarche de rééducation efficace, et notamment un renforcement excentrique en charge des éverseurs, associé à un travail d'anticipation du déclenchement de leur contraction, qui restent les moyens d'action principaux du rééducateur. Pour un joueur en phase de reprise précoce, le praticien devra refaire le bandage plus ou moins rapidement selon le type d'activité proposée. Pour les sports d'équipe, un nouveau montage doit idéalement être fait à la pause de la mi-temps. En ce qui concerne le bandage « de confort », souvent demandé par les athlètes après un épisode traumatique aigu et une rééducation sérieusement conduite, nous pensons qu'un montage purement élastique peut convenir. En effet, nos données suggèrent que la perception globale par le sportif ne sera pas modifiée. Si l'on considère un éventuel effet psychologique (voire placebo) du strapping, le type de montage ne semble pas avoir d'impact sur la perception globale de maintien qui représente la voie d'entrée de ces mécanismes psychosomatiques. Il est cependant particulièrement utile dans ce cadre de discuter avec l'athlète pour comprendre sa motivation à conserver ce bandage, de façon à travailler cela avec lui à postériori, et à engager une démarche de désaccoutumance pilotée par l'évaluation objective de la restauration des paramètres fonctionnels de stabilité articulaire (acuité proprioceptive, performance musculaire) assurée par la rééducation correctement effectuée et entretenue. Il semble important de retenir que les contentions souples quelles qu'elles soient perdent rapidement de leur efficacité au cours du temps, et que l'axe d'optimisation principal semble être le niveau d'efficacité initial.

## Implications pour la pratique

- Dans un strapping le rôle et la qualité des bandes d'ancrage est primordial.
- Pour un athlète en phase de reprise, préférer un bandage hybride composé de bandes élastiques et rigides.
- Pour un joueur demandeur mais sans déficit fonctionnel, ne pas hésiter à réaliser un bandage exclusivement élastique.
- Pour un maintien mécanique optimal lors d'un match en sport collectif, changer de bandage à la mi-temps.

## Contact

Pierre Armengaud  
armengaud.pierre@gmail.com

## Références

1. Ferran NA, Maffulli N. Epidemiology of Sprains of the Lateral Ankle Ligament Complex. *Foot and Ankle Clinics*. 2006;11(3):659-662.
2. Iris M, Monderde S, Salvador M, Salvat I, Fernandez-Ballart J, Judith B. Ankle Taping Can Improve Proprioception in Healthy Volunteers. *Foot & Ankle International*. 2010;31(12):1099-1106.
3. Hertel J. Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability. *Journal of Athletic Training*. 2002;37(4):364-375
4. Purcell S, Schuckman B, Docherty C, Schrader J, Poppy W. Differences in Ankle Range of Motion Before and After Exercise in 2 Tape Conditions. *The American Journal of Sports Medicine*. 2009;37(2):383-389.
5. Tréguët P, Merland F, Horodyski M. A comparison of the effects of ankle taping styles on biomechanics during ankle inversion. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2013;56(2):113-122.
6. Ashton-Miller J, Ottaviani R, Hutchinson C, Wojtys E. What Best Protects the Inverted Weightbearing Ankle Against Further Inversion?. *The American Journal of Sports Medicine*. 1996;24(6):800-809.
7. Siegler S, Marchetto P, Murphy D, Gadikota H. A Composite Athletic Tape With Hyperelastic Material Properties Improves and Maintains Ankle Support During Exercise. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2011;41(12):961-968.
8. Fleet K, Galen S, Moore C. Duration of strength retention of ankle taping during activities of daily living. *Injury*. 2009;40(3):333-336.
9. Paulson SB, Braun W. Prophylactic Ankle Taping. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014;28(2):423-429.
10. Best R, Mauch F, Böhle C, Huth J, Brüggemann P. Residual Mechanical Effectiveness of External Ankle Tape Before and After Competitive Professional Soccer Performance. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2014;24(1):51-57.
11. Callaghan M. Role of ankle taping and bracing in the athlete. *British Journal of Sports Medicine*. 1997;31(2):102-108.
12. Forbes H, Thrussell S, Haycock N, Lohkamp M, White M. The Effect of Prophylactic Ankle Support during Simulated Soccer Activity. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2013;22(3):170-176.
13. Gellish R, Goslin B, Olson R, McDonald A, Russi G, Moudgil V. Longitudinal Modeling of the Relationship between Age and Maximal Heart Rate. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007;39(5):822-829.
14. Brodie M, Walmsley A, Page W. The static accuracy and calibration of inertial measurement units for 3D orientation. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 2008;11(6):641-648.
15. Picerno P, Cereatti A, Cappozzo A. A spot check for assessing static orientation consistency of inertial and magnetic sensing units. *Gait & Posture*. 2011;33(3):373-378.

16. Cutti A, Giovanardi A, Rocchi L, Davalli A, Sacchetti R. Ambulatory measurement of shoulder and elbow kinematics through inertial and magnetic sensors. *Medical&Biological Engineering &Computing*. 2007;46(2):169-178.
17. Ferrari A, Cutti A, Garofalo P, Raggi M, Heijboer M, Cappello A et al. First in vivo assessment of «Outwalk»: a novel protocol for clinical gait analysis based on inertial and magnetic sensors. *Medical&Biological Engineering &Computing*. 2009;48(1):1-15..
18. Brennan A, Zhang J, Deluzio K, Li Q. Quantification of inertial sensor-based 3D joint angle measurement accuracy using an instrumented gimbal. *Gait& Posture*. 2011;34(3):320-323.
19. Lebel K, Boissy P, Hamel M, Duval C. Inertial Measures of Motion for Clinical Biomechanics: Comparative Assessment of Accuracy under Controlled Conditions – Changes in Accuracy over Time. *PLOS ONE*. 2015;10(3):e0118361.
20. Refshauge K, Raymond J, Kilbreath S, Pengel L, Heijnen I. The Effect of Ankle Taping on Detection of Inversion-Eversion Movements in Participants With Recurrent Ankle Sprain. *The American Journal of Sports Medicine*. 2009;37(2):371-375.
21. Raymond J, Nicholson L, Hiller C, Refshauge K. The effect of ankle taping or bracing on proprioception in functional ankle instability: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2012;15(5):386-392.



## Annexe 1:

### Proposition de standardisation d'un strapping pour l'entorse latérale de cheville

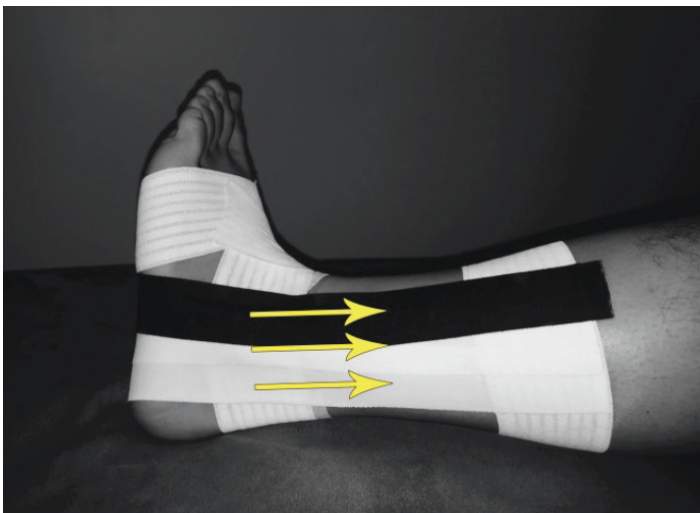
Nous avons représenté le strapping MIX composé de bandes rigides et de bandes élastiques. Les orientations des bandes sont les mêmes pour le strapping Elasto, mais avec des bandes élastiques uniquement.



› Figure 15: bandes d'ancrage



› Figure 16: mise en place du premier étrier avec mise en tension latérale



› Figure 17: mise en place des 3 étriers



› Figure 18: première bande de stabilisation du talus vue latérale



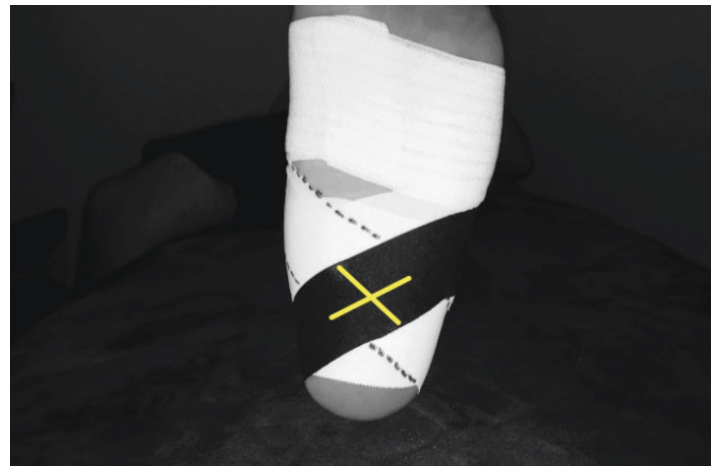
› Figure 19: première bande de stabilisation du talus, vue médiale



› Figure 20: première bande de verrouillage calcanéen, vue latérale



› Figure 21: première bande de verrouillage calcanéen, vue médiale



› Figure 22 : croisement des deux bandes de verrouillage calcanéen autour de l'axe tibial, vue inférieure



› Figure 23: mise en place des 3 étriers



› Figure 23: bande en 8, mises en tension latérale



› Figure 25: montage final, vue latérale



› Figure 26: montage final, vue médiale



# LightMotion

## Le traitement par la lumière en physiothérapie

Réduca  
innov' 2017



### SOULAGER

Un effet antalgique  
en 1 minute

### TRAITER

Des conditions de  
traitement idéales qui  
facilitent la manipulation

### PRÉVENIR

Soulagement des  
douleurs induites par  
la manipulation

Sélectionné au Trophée **RÉÉDUCA INNOV' 2017**



078 685 49 31

[contact@lightmotion.fr](mailto:contact@lightmotion.fr)

[www.lightmotion.fr](http://www.lightmotion.fr)

# Influence de la distance de course sur les blessures musculo-squelettiques en ultra-trail

## Effects of running distance on musculoskeletal injuries in ultra-trail

OLIVIER BROGLIN (PT, MSc)<sup>1</sup>, FRANÇOIS FOURCHET (PT, PhD)<sup>2</sup>, GRÉGOIRE P. MILLET (PhD)<sup>3</sup>

1 Physiothérapeute indépendant, Neuchâtel, Suisse

2 Laboratoire d'analyse du mouvement, Hôpital La Tour, Swiss Medical Center, Meyrin/Genève, Suisse

3 Institut des sciences du sport Université de Lausanne (ISSUL), Lausanne, Suisse

Source de Financement de l'étude : aucune source de financement

Les auteurs attestent ne pas avoir de conflit d'intérêt dans la réalisation de ce travail

---

### Keywords

Prevention, running, questionnaire, mountain, ultra-marathon

---

### Abstract

**Introduction :** Mountain ultra-marathon (MUM) is an emerging discipline in running that has become increasingly popular in recent years. The impact of distance on musculoskeletal injuries in MUM was observed in four races: Grand Trail des Templiers; Trail Verbier Saint-Bernard; The North Face®: Ultra-trail du Mont Blanc®; Tor des Géants.

**Methods :** 2,161 runners completed a questionnaire based on characteristics of training, location, type and severity of injuries and recovery post-race. The differences between four categories of distance (60-70 km; 100-120 km; 170 km; >300 km) have been analyzed.

**Results :** injury is the main cause of drop out (69 %) for the 60-70 km. The category of 100-120 km recorded a significantly lower rate of injury (22.3 %) in all competitions. Progressive injuries represent 73.2 %. Injuries mostly occurred in the knee (27.8 %). Long distance runners received significantly more care (54.5 %).

---

### Mots clés

Course à pied, prévention, questionnaire, montagne, ultra-endurance

---

### Résumé

**Introduction :** le trail montagnard est une discipline émergente en course à pied et dont les distances sont très variables. Dans cette étude, les effets de la distance sur les blessures musculo-squelettiques en ultra-trail ont été étudiés lors de quatre courses: Grand Trail des Templiers; Trail Verbier Saint-Bernard; The North Face®: Ultra-trail du Mont-Blanc®; Tor des Géants.

**Méthode :** 2'161 coureurs ont répondu à un questionnaire portant sur les caractéristiques d'entraînement, la localisation, la typologie et la sévérité de la blessure, ainsi que sur la récupération après course. Les différences entre quatre catégories de distances (60-70 km; 100-120 km; 170 km; >300 km) ont été analysées.

**Résultats :** la blessure représente 69 % des causes d'abandon pour les 60-70 km. La catégorie 100-120 km enregistre un taux de blessure significativement le plus faible (22.3 %). Globalement, les blessures d'apparition progressive sont

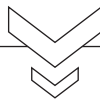
**Discussion:** all injury parameters do not increase linearly with increasing distances but some important ones follow a U shape, with higher values for the shortest and longest distances.

**Conclusion:** the effects of distance are not the same among different MUM distances and the injuries characteristics (e.g. location, severity, type ...) seem specific to each distance analyzed.

majoritaires avec 73.2 %. Le genou est le site anatomique le plus touché avec 27.8 %. Les coureurs des plus longues distances reçoivent significativement le plus de soins avec 54.5 %.

**Discussion:** tous les paramètres n'augmentent pas de manière linéaire avec la distance, mais une partie d'entre eux évoluent en suivant la forme d'une courbe en U, avec des valeurs plus élevées pour les distances inférieures et supérieures.

**Conclusion:** les effets de la distance sont variables sur les caractéristiques des blessures (ex. localisation, sévérité, typologie,...) et semblent spécifiques à chaque distance analysée.



## Introduction

La pratique des sports extrêmes comme l'ultra-endurance est aujourd'hui en plein essor avec des distances et des dénivelés toujours plus importants. L'ultra-endurance se définit comme une activité physique dépassant les quatre à six heures et pouvant durer au-delà des 40 heures<sup>(1)</sup>. En course à pied, l'ultra-endurance se rapporte aux compétitions dont la distance est supérieure à celle du marathon (42.195 km). Il existe deux types d'ultra-marathon : ceux effectués sur routes et ceux se déroulant en pleine nature (ultra-trails).

Le trail est une compétition pédestre qui se déroule dans un environnement naturel tel que la montagne, la forêt, le désert ou encore la plaine. Il se pratique aussi bien l'été que l'hiver sur neige. Le parcours consiste à utiliser le minimum de routes cimentées ou goudronnées, qui ne devraient pas excéder 20 % de la distance totale<sup>(2)</sup>. Il y a plusieurs catégories de trails : Trail (<42 km), Trail Ultra Medium (42-69 km), Trail Ultra Long (70-99 km) et Trail Ultra XLong (>100 km).

En course à pied sur route, les sites et la typologie des blessures varient selon les distances. Il s'avère donc pertinent de faire une étude sur l'effet de la distance sur les blessures en ultra-trails montagneux car cette discipline diffère considérablement de la course à pied sur route<sup>(3)</sup>. D'abord la nature du terrain n'est pas la même dans une course sur route que dans un trail. En effet, lors de courses d'ultra-trail, il s'agit de courir ou de marcher sur des chemins de montagne, alors que les courses sur route s'effectuent sur du bitume. Selon *Van Mechelen*<sup>(4)</sup>, le fait de courir sur surfaces dures augmente le mécanisme de choc et va surcharger les articulations et les tendons. Sur surfaces molles, les muscles vont être davantage sollicités, induisant un nombre plus élevé de blessures à ce niveau. *Minetti et al.*<sup>(5)</sup> affirment par ailleurs que le coût énergétique de la marche et de la course dépend des caractéristiques du terrain et s'avère plus important sur surfaces molles comme les sentiers de montagne en comparaison avec des surfaces dures comme la route. Les irrégularités du terrain, fréquentes dans les sentiers de montagne, les pâturages et les chemins forestiers, représentent la majorité des terrains utilisés en trail et amènent à davantage de blessures traumatiques

aux genoux et aux chevilles<sup>(4)</sup>. De plus, les conditions climatiques sont également à prendre en compte. Lors d'épreuves d'ultra-trail, le coureur peut être amené à courir ou marcher dans des conditions climatiques extrêmes comme le froid, le vent, la nuit et parfois à haute altitude.

Les adaptations neuromusculaires et biologiques survenant pendant et après l'ultra-trail du Tor des Géants, course qui dure entre trois et sept jours, et qui induit une grande privation de sommeil ont été étudiées par *Saugy et al.*<sup>(6)</sup>. Il en ressort que par rapport à des événements similaires, plus courts d'un quart à la moitié de la distance, la fonction neuromusculaire est généralement moins altérée et que les dommages musculaires ainsi que les marqueurs de l'inflammation (CK, LDH, CRP) atteignent des valeurs beaucoup plus faibles. Ceci suggère que les niveaux de sollicitation et de fatigue neuromusculaire ainsi que d'inflammation ne sont pas systématiquement augmentés. Par conséquent, l'incidence et la sévérité des blessures ne sont probablement pas systématiquement augmentées avec l'allongement de la distance. Comme il n'y a que peu d'études sur les trails et que l'effet de la distance lors de courses en ultra-trail sur les blessures musculo-squelettiques n'a pas encore été observé, il semble pertinent d'approfondir le sujet. Cela amène à la question centrale, à savoir l'effet de la distance sur les blessures musculo-squelettiques lors de courses d'ultra-trail. Le fait de mieux identifier les blessures, de connaître les sites anatomiques les plus touchés et notamment la typologie de blessure la plus fréquente pour chaque distance permettrait aux physiothérapeutes et préparateurs physiques de travailler en amont avec les coureurs de manière préventive afin de tenter de diminuer le risque de blessure et permettrait aussi à l'encadrement médical sur les compétitions de mieux anticiper les besoins des coureurs en fonction du kilométrage.

Plusieurs hypothèses ont été posées : un taux d'abandon plus élevé dans les courses de longue distance ; des causes d'abandon différentes suivant la catégorie de la distance ; des caractéristiques de blessures différentes selon les distances, avec une majoration de blessures à apparition progressive pour les distances plus longues et au contraire plus de blessures traumatiques sur les distances plus courtes en raison de la vitesse plus élevée.

## Méthodes

A ce jour, il n'y a pas de questionnaire valide portant sur les blessures musculo-squelettiques. C'est pourquoi un questionnaire a été créé par les auteurs de cette étude en s'inspirant largement des recommandations fournies par le Comité International Olympique et la Fédération Internationale d'Athlétisme dans ce domaine <sup>(7)</sup>. Il a été transmis à plusieurs professionnels, physiothérapeutes du sport, tous experts dans leur domaine, afin de recueillir leur avis et leurs critiques, dans le but qu'il soit le plus pertinent possible. Le questionnaire a également été soumis puis validé à l'interne par la commission éthique des Sciences du Mouvement et du Sport de l'Université de Lausanne. La version finale du questionnaire est disponible à l'adresse [http://www.mainslibres.ch/pdf/Questionnaire\\_ultra-trail.pdf](http://www.mainslibres.ch/pdf/Questionnaire_ultra-trail.pdf)

La récolte de données s'est effectuée à travers un questionnaire rétrospectif, mis en ligne sur les sites internet des quatre ultra-trails les plus emblématiques et auquel les participants ont eu la liberté de répondre ou non. Le fait d'avoir recours à ce type de questionnaire permet d'obtenir un nombre relativement important de réponses. En revanche, le diagnostic concernant les pathologies rencontrées s'avère moins précis. Si l'on voulait un diagnostic plus clair et précis de la typologie des blessures présentes en ultra-trail, il faudrait l'intervention d'un professionnel du domaine de la santé, car souvent les participants n'ont pas les connaissances anatomiques et physiologiques nécessaires pour expliquer leurs blessures. Cela permet malgré tout d'avoir une bonne estimation des sites anatomiques les plus touchés et de dégager des tendances.

Le questionnaire comporte trois parties: en premier lieu, les caractéristiques anthropométriques et d'entraînement du coureur, ensuite la localisation, typologie et sévérité de la blessure et enfin la récupération après la course et la reprise des entraînements.

Les courses ont été choisies en fonction de leur distance, de leur site géographique, de leur popularité (minimum de 500 coureurs inscrits), du nombre d'éditions déjà réalisées (au minimum depuis 2010) ainsi que de la dénivellation (minimum 3'400 mètres de dénivelé positive). Par conséquent, seuls des ultra-trails montagneux ont été sélectionnés dans cette étude. Quatre courses dans trois pays alpins ont été retenues: Grand Trail des Templiers en France;

Trail Verbier Saint-Bernard en Suisse; The North Face® Ultra-Trail du Mont-Blanc® en France; Tor des Géants en Italie (Tableau 1).

Quatre catégories de distance de course (60-70 km; 100-120 km; 170 km; >300 km) ont été comparées.

Le questionnaire a été mis en ligne du 20 juin 2013 au 31 décembre 2013 via le site officiel et la page Facebook des courses, ainsi que sur des sites internet d'ultra-trails comme Endurance Trail Mag ou sur le blog de course à pied Kikourou. Il est resté à disposition des lecteurs intéressés à l'adresse [http://www.mainslibres.ch/pdf/Questionnaire\\_ultra-trail.pdf](http://www.mainslibres.ch/pdf/Questionnaire_ultra-trail.pdf). La récolte des données a été faite à partir d'un questionnaire en ligne réalisé sur LimeSurvey version 1.91+ Build 120302.

Les participants à ces quatre courses d'ultra-trail ont été priés de répondre à ce questionnaire s'ils avaient participé à une édition entre 2010 et 2013. Pour avoir un maximum de réponses, il était également possible à un coureur de répondre plusieurs fois, si ce dernier avait pris part à plus d'une épreuve entre 2010 et 2013.

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le programme IBM® SPSS® Statistics édition 21. Les différences entre les 4 distances ont été analysées par une analyse de variance (ANOVA) à un facteur. La localisation des différences a été effectuée par un test post-hoc de Tukey. Pour toutes les analyses statistiques, le niveau de significativité a été fixé à 0.05.

## Résultats

### Données personnelles

Il a été obtenu 2'161 réponses dont 112 pour le Trail Verbier Saint-Bernard (70 pour la Traversée et 42 pour la Boucle), 159 pour le Grand Trail des Templiers, 1'778 pour The North Face® Ultra-Trail du Mont-Blanc® (560 pour la CCC®, 435 pour la TDS®, 735 pour l'UTMB® et 48 pour la PTLTM) et 94 réponses pour le Tor des Géants (Tableau 2).

Les données ainsi recueillies représentent un ensemble de 229 réponses pour la catégorie 60-70 km, 1'037 pour celle de 100-120 km, 753 pour celle de 170 km et 142 réponses pour la catégorie >300 kilomètres.

Catégories	Courses	Distance (km)	Dénivelé positif (m)	Dénivelé par km (%)
60 – 70 km	Trail Verbier Saint-Bernard: Traversée	61	4'000	6.56
	Grand Trail des Templiers	73	3'400	4.66
100 – 120 km	Trail Verbier Saint-Bernard: Boucle	110	7'000	6.36
	The North Face® Ultra-Trail du Mont-Blanc®: CCC®	101	6'100	6.04
	The North Face® Ultra-Trail du Mont-Blanc®: TDSTM	119	7'250	6.09
170 km	The North Face® Ultra-Trail du Mont-Blanc®: UTMB®	168	9'600	5.71
> 300 km	The North Face® Ultra-Trail du Mont-Blanc®: PTLTM	300	24'000	8
	Tor des Géants	330	24'000	7.27

› Tableau 1: caractéristiques des courses

	Toutes compétitions confondues	60-70 km	100-120 km	170 km	> 300 km
<b>Hommes</b>	90%	86%	90%	91%	92%
	n = 1928	n = 196	n = 926	n = 673	n = 131
<b>Femmes</b>	10%	14%	10%	9%	8%
	n = 210	n = 31	n = 99	n = 69	n = 11
<b>Age (années)</b>	42.6 ± 8.5	37.6 ± 8.5	42.7 ± 8.7	43.4 ± 7.9	45.3 ± 8.2
<b>Taille (cm)</b>	176 ± 7	175 ± 7	176 ± 7	176 ± 7	177 ± 8
<b>Poids (kg)</b>	70.1 ± 9.9	69.9 ± 8.7	70.4 ± 10.7	69.4 ± 9.1	71.5 ± 8.9

› Tableau 2: caractéristiques des participants

Les hommes représentent la grande majorité des participants des courses d’ultra-trail (90 %). Nous pouvons également remarquer que plus la distance et la difficulté de la course augmentent, plus le pourcentage de femmes diminue. La même tendance se poursuit avec l’âge, où plus la distance de course augmente et plus les coureurs sont âgés.

Les coureurs des deux catégories les plus longues s’entraînent plus que ceux des deux catégories inférieures en termes d’heures et de kilomètres parcourus. Ces participants aux courses de 170 km et >300 km ont aussi plus d’années d’entraînement derrière eux. Plus la distance augmente et plus les coureurs sont âgés lors de leur première course sur cette distance.

**Données de course**

Le taux d’abandon est à environ 13 % pour la catégorie 60-70 km et s’élève à près de 24 % pour la distance la plus longue. Il y a une tendance qui se dessine, où plus la distance augmente et plus les abandons sont nombreux. A noter toutefois que le taux d’abandon obtenu dans ce questionnaire est légèrement plus faible que celui relevé par les différents organisateurs.

**Blessure**

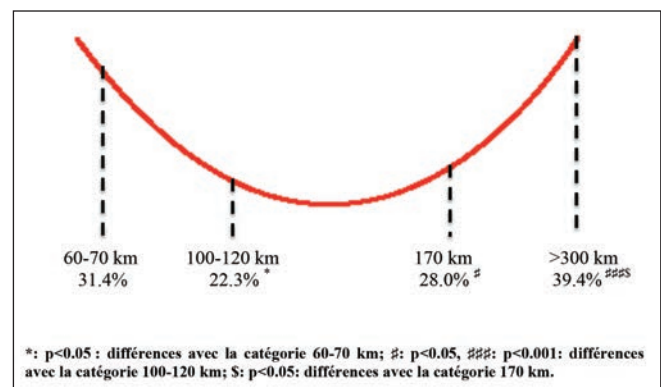
La blessure représente majoritairement la plus grande cause d’abandon, en particulier pour les coureurs de la catégorie 60-70 km (69 %). En revanche, la première cause d’abandon pour les coureurs de plus de 300 km est représentée par d’autres facteurs tels que les délais de course écoulés à un point de passage, le manque de motivation ou encore par les conditions météorologiques difficiles.

Il ressort de cette étude que les coureurs de 60-70 km et ceux de plus de 300 km se blessent davantage. Une courbe en U se dessine, avec le minimum de blessures pour les catégories intermédiaires et plus particulièrement avec celle de 100-120 km, qui enregistre significativement moins de blessures, comparée aux trois autres catégories (Figure 1 et Figure 2).

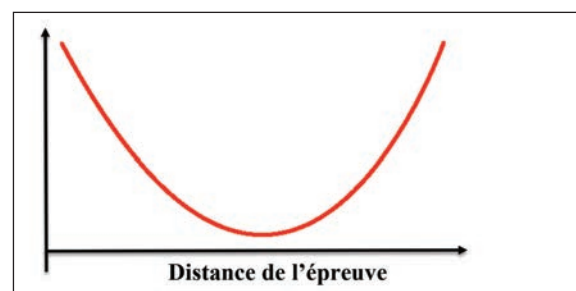
La grande majorité des blessures rencontrées lors de courses d’ultra-trail sont d’apparition progressive (73 %) comparées aux

blessures traumatiques (27 %). Les deux catégories de distance les plus courtes ont légèrement plus de blessures traumatiques que les deux catégories les plus élevées.

Près d’une blessure traumatique sur trois survient lors d’une chute, avec une majorité pour les coureurs de la catégorie 60-70 km. Les sites anatomiques les plus touchés par les blessures traumatiques en ultra-trail sont le genou, la cheville et le pied. La face antérieure de la cuisse est particulièrement touchée dans la catégorie >300 km (Figure 3). Les entorses, les problèmes musculaires ainsi que les contusions représentent les blessures



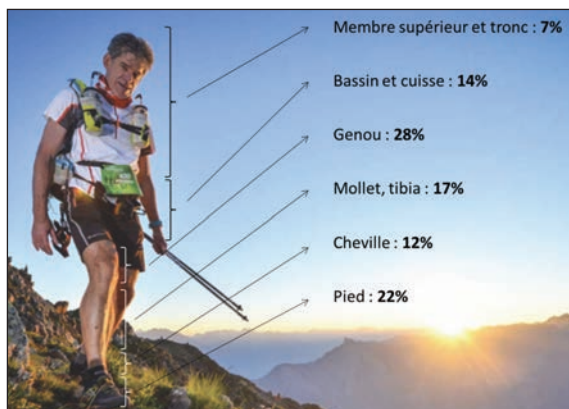
› Figure 1: prévalence des blessures au cours des quatre catégories d’épreuves



› Figure 2: représentation schématique de l’évolution de plusieurs variables selon une courbe en U en fonction de la distance de course :

- Niveau de fatigue à l’arrivée ou au moment de l’abandon
- Présence d’une blessure durant la course
- Douleur ressentie au moment de la blessure
- Entorse
- Tendinopathie
- Douleur ressentie après la course





› Figure 3: prévalence des blessures par régions anatomiques / Source: Trailvsb, Photossport

traumatiques les plus fréquentes. Il y a significativement plus d'entorses dans le groupe 60-70 km.

Le genou et le pied représentent les deux sites anatomiques les plus touchés pour les blessures d'apparition progressive. Les types de blessures progressives les plus fréquents sont représentés de manière très nette par les tendinopathies. Une courbe en U est représentée pour le taux de tendinopathies, avec dans les deux extrémités la catégorie la plus courte et la plus longue (Figure 2). De plus, un très faible taux d'ampoules ou de cloques provoquées par le frottement de la chaussure a été constaté sur la distance 60-70 km, en comparaison avec les trois autres groupes.

Toutes catégories confondues, le genou apparaît comme étant le site anatomique le plus touché (28 %), devant le pied (22 %) et la cheville (12 %), lors de blessures traumatiques ou d'apparition progressive (Figure 3), avec un très fort taux de blessure en genou (44 %) pour la distance 60-70 km. En revanche, le mollet et le tendon d'Achille sont significativement plus touchés dans les deux catégories de course les plus élevées (13 %).

Les participants de la catégorie >300 km ont une fatigue générale significativement plus importante par rapport aux catégories 100-120 km et 170 km.

### Traitement

La catégorie 170 km (36 %) et surtout celle >300 km (55 %) ont reçu le plus de traitements et de soins durant la course, et ce de manière significative.

Les participants de la catégorie >300 km ont reçu le plus de soins par cryothérapie, médicaments par voie orale, surtout type anti-inflammatoires (AINS) et soins des pieds. A l'inverse, sur la distance 60-70 km, il y eu essentiellement des massages et une application de crème.

### Après la course

La douleur persiste après la course chez une grande majorité des coureurs, surtout pour ceux de plus de 300 km. Pour la majorité des participants, la douleur reste présente entre une et quatre semaines après la course, et particulièrement pour ceux de la catégorie >300 km.

Les coureurs ont plus recours à la récupération active (vélo, natation, marche) qu'à la récupération passive (massage, détente) après un ultra-trail. Paradoxalement, ce sont les participants de

la plus petite distance qui utilisent davantage la récupération passive comme moyen de récupération après un tel effort.

Un peu moins de la moitié des coureurs reprennent l'entraînement en ressentant encore la douleur apparue durant la course. La majorité des coureurs attend cinq à dix jours où fait une pause de plus de dix jours après la course avant de reprendre l'entraînement.

## Discussion

Le but de cette étude était d'observer les effets de la distance de course sur les blessures musculo-squelettiques lors de compétitions d'ultra-trail. Les principaux résultats sont que la première cause d'abandon est la blessure pour toutes les catégories, exceptée celle >300 km; les blessures d'apparition progressive sont majoritaires sur toutes les distances; le genou représente le site anatomique le plus touché lors de blessures; le type de lésions le plus courant est la tendinopathie pour les blessures d'apparition progressive, avec des valeurs plus élevées pour la distance la plus courte et la plus longue.

L'hypothèse sur le taux d'abandon s'est avérée correcte, puisque les participants de la catégorie >300 km ont un taux d'abandon plus élevé que ceux de 60-70 km.

La cause d'abandon la plus fréquente est la blessure, surtout dans la catégorie 60-70 km, puisque les coureurs de cette catégorie ont un taux d'abandon sur blessure significativement supérieur aux autres catégories. Les autres causes d'abandon comme le temps limite ou l'abandon d'un coéquipier sont significativement plus élevées dans la catégorie de plus de 300 km par rapport à celle de 170 km. Ces résultats confirment l'hypothèse selon laquelle les causes d'abandon diffèrent selon les catégories.

Les coureurs de la catégorie >300 km ont une fatigue générale plus élevée que les autres, mais cette différence n'est significative que pour les participants des courses de 100-120 km et 170 km. On peut alors observer que la fatigue générale se comporte selon une courbe en U. Cela peut s'expliquer par le fait que les participants des courses de 60-70 km ont une allure de course plus rapide et auront donc une fatigue plus importante. En revanche, pour les catégories du milieu, le « pacing » (stratégie qui consiste à régler son allure depuis le début de la course dans le but de gérer au mieux l'effort) prend toute son importance. En effet, le pacing a pour but de réaliser l'exercice avec la meilleure efficacité possible, tout en gérant ses ressources, en gardant l'homéostasie interne de l'organisme ainsi qu'une réserve suffisante des capacités physiques et métaboliques, afin d'éviter une fin prématurée de l'exercice <sup>(8)</sup>.

C'est pourquoi, grâce à une gestion de l'effort plus prudente, la fatigue sera moindre chez ces coureurs. Ils vont alors réguler leur allure tout au long de la course dans le but ici de terminer la course. Pour les coureurs de la catégorie de plus de 300 km, il est probable que le pacing ne suffit plus: la longue distance, la dénivellation très importante et la privation de sommeil font que la fatigue générale est la plus élevée. Sur cette distance, à noter le développement important d'une inflammation tissulaire et générale dont les conséquences en termes de blessures restent encore peu connues <sup>(9)</sup>.

L'hypothèse affirmant qu'il y a un pourcentage supérieur de blessures traumatiques lors de courses de plus courte distance peut être vérifiée par le pourcentage plus élevé pour les coureurs de 60-70 km. Cependant, il n'est pas possible de tirer de conclusion car les résultats ne sont pas statistiquement significatifs. On peut quand même expliquer cette tendance par le fait que les participants du 60-70 km ont une vitesse de course plus importante et sont donc plus sujets à des chutes ou traumatismes articulaires, alors que les coureurs de plus longue distance régulent d'avantage leur allure de course, y compris en descente, afin de se préserver <sup>(6)</sup>.

Il est également possible d'expliquer le fait qu'il n'y ait pas plus de blessures sur les longues distances parce que les coureurs de ce type de course vont sensiblement réduire la vitesse de course lors de la deuxième moitié de course, en raison de la fatigue et de la privation de sommeil. Cela amènera à une réduction du stress mécanique sur les muscles. De plus, les dommages musculaires ne sont également pas plus importants en raison de la faible intensité des contractions concentriques et excentriques. Cela est expliqué par une vitesse de course plus lente qui engendrera par conséquent moins de production de force par les muscles, en particulier sur les extenseurs de genou, lors des contractions excentriques répétées en descente notamment <sup>(6)</sup>.

Les résultats montrent que le type de blessures le plus fréquent en ultra-trail est d'origine progressive (blessures micro-traumatiques ou de surcharge). En effet, toutes catégories confondues, presque les trois-quarts des blessures sont d'apparition progressive. Il n'y a toutefois pas de différence significative entre les catégories de distance mais ces valeurs donnent des informations au thérapeute quant à la préparation physique qu'il faudrait adopter en période de préparation. Les résultats de cette étude confirment ceux de *Lopes et al.* <sup>(10)</sup> montrant que les blessures en course à pied sont essentiellement d'apparition progressive, en raison de la surcharge des structures musculo-squelettiques causées par des micro-traumatismes sur une longue période.

Toutes catégories confondues, le site anatomique le plus touché par les blessures traumatiques et progressives est représenté par le genou avec 28 %. Dans leur revue systématique sur les blessures lors de courses à pied sur longue distance, *van Gent et al.* <sup>(11)</sup> avancent les mêmes conclusions affirmant que le genou est le site prédominant des blessures avec 7-50 % d'incidence.

Selon les résultats, la tendinopathie représente la typologie de blessure progressive la plus courante chez les coureurs d'ultra-trails, et de manière significative pour les participants de 60-70 km ainsi que pour ceux de plus de 300 km. *Krabak et al.* <sup>(12)</sup> affirment également que dans les ultramarathons, la blessure musculo-squelettique la plus répandue est la tendinopathie.

Concrètement, comme la tendinopathie représente la blessure la plus fréquente, les professionnels de la santé doivent proposer aux coureurs des exercices préventifs de renforcement musculaire par contractions concentriques, excentriques et plyométriques, d'application de froid et des étirements statiques afin d'avoir une prise en charge optimale lors de cette pathologie <sup>(13, 14)</sup>.

Dans ce travail, le diagnostic n'est pas médical mais auto-reporté par les coureurs eux-mêmes. Il s'agit d'une des limites

de cette étude. En effet, le questionnaire utilisé est rétrospectif et les participants des courses avaient le choix d'y répondre ou non. Certains coureurs ayant vécu une mauvaise expérience ne vont pas forcément y répondre afin de ne pas revivre en quelque sorte cette situation déplaisante. C'est sans doute la raison pour laquelle le taux d'abandon obtenu dans nos résultats est plus faible que celui recensé par les organisateurs des courses. De plus, dans un questionnaire rétrospectif, les réponses des participants ne sont pas vérifiées par un examen clinique. L'autodiagnostic des coureurs peut être erroné. Une étude longitudinale pourrait être élaborée notamment sous l'égide de l'ITRA <sup>(2)</sup>, sur la même base que celle-ci, où la récolte de données s'effectuerait cette fois sur le terrain avec des cliniciens, dans le but d'avoir davantage de précisions concernant le diagnostic. En outre, il aurait également été intéressant et instructif de savoir si la blessure contractée durant la course était latente (déjà ressentie pendant l'entraînement) ou s'il s'agissait d'une première.

Une autre limite consiste à ce que ce questionnaire ne soit pas formellement validé. Cependant, il n'y a pas actuellement de codage reconnu mondialement concernant les blessures. Cependant ce questionnaire a été conçu en collaboration avec plusieurs experts dans le domaine du sport et de la santé dans le but de créer des questions pertinentes. Il est également basé sur la littérature actuelle, ce qui en fait un outil que les auteurs pensent pertinent mais pouvant bien sûr être amélioré <sup>(7)</sup>.

La force principale de cette étude réside dans le nombre élevé de réponses. En effet, obtenir 2'161 réponses permet d'en déduire des conclusions générales représentatives. De plus, le fait d'avoir au minimum 140 réponses dans chacune des catégories de course permet de représenter au mieux les différentes catégories d'ultra-trail.

Cette étude devrait permettre d'éclairer les professionnels de la santé tels que les médecins, podologues et physiothérapeutes ou encore les préparateurs physiques et les coaches sportifs, quant aux risques de blessures, à la localisation et à la typologie des blessures présentes en ultra-trails. Ils pourront alors agir de manière préventive en amont, et également de manière thérapeutique une fois l'épreuve finie, pour prendre en charge les coureurs de la meilleure façon possible. Ils pourront également insister sur un temps de repos supplémentaire après les courses car plus de 56 % des coureurs reprennent l'entraînement avant 10 jours, alors que leur organisme n'a pas encore récupéré totalement de l'effort fourni. En effet, après une course d'environ 170 km, il faut au minimum neuf jours avant que la force maximale et les capacités neuromusculaires de l'athlète reviennent aux valeurs de base <sup>(15)</sup>.

Un autre aspect positif de cette étude, se situe dans le fait qu'elle est la première à avoir comparé l'effet de la distance sur les blessures musculo-squelettiques en ultra-trail. Cela amène par conséquent à des connaissances nouvelles et intéressantes dans un domaine de la course à pied en plein essor.

Etant donné que l'ultra-trail est une discipline relativement nouvelle, encore peu d'études scientifiques ont été publiées à ce jour. Il faudrait donc poursuivre la recherche dans ce domaine afin d'élargir encore les connaissances actuelles.

## Conclusion

Cette étude a permis de montrer l'influence de la distance de course sur les blessures musculo-squelettiques lors d'ultra-trail. En effet, il y a de nombreuses différences en termes de localisation, de sévérité, de typologie et de traitements de la blessure suivant les catégories de distance de course. Contrairement à ce que l'on pouvait penser initialement, tous les résultats ne se comportent pas de manière graduelle et linéaire suivant la distance, mais une partie se présente sous la forme d'une courbe en U, avec des valeurs plus élevées pour les catégories de distance inférieure et supérieure. En conclusion, les effets de la distance ne sont pas similaires et les caractéristiques (ex. localisation, sévérité, typologie, ...) des blessures semblent spécifiques à chaque distance.

## Implications pour la pratique

- La tendinopathie représente la principale blessure en ultra-trail. Cela justifie la mise en place en amont d'une vraie stratégie de prévention.
- Comme le frottement de la chaussure constitue la deuxième blessure la plus fréquente, il s'avère primordial de porter des chaussures adaptées et de préparer correctement la peau.
- Le site anatomique le plus touché en ultra-trail est le genou. Il est donc nécessaire d'établir un protocole préventif basé sur du travail de la stabilité, du renforcement musculaire et de la souplesse lors des entraînements ou même en dehors.

## Contact

Olivier Broglin  
olivier.broglin@gmail.com

## Références

1. Gergelé, L., Bohe, J., Feasson, L., Robach, P., Morel, J., Auboyer, C., Millet, G.-Y. (2010). Du sport extrême à la réanimation. *Réanimation*, 19(5), 416–422.
2. International Trail Running Association (internet). International Trail Running Association; 2014 march (cited 2014 march 15). Available from: <http://www.itra.org/>
3. Hoffman, M. D., & Krishnan, E. (2014). Health and Exercise-Related Medical Issues among 1,212 Ultramarathon Runners: Baseline Findings from the Ultrarunners Longitudinal TRACKing (ULTRA) Study. *PLoS ONE*, 9 (1), e83867.
4. Van Mechelen, W. (1992). Running injuries. A review of the epidemiological literature. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 14(5), 320–335.
5. Minetti, A. E., Moia, C., Roi, G. S., Susta, D., & Ferretti, G. (2002). Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 93(3), 1039–1046.
6. Saugy, J., Place, N., Millet, G. Y., Degache, F., Schena, F., & Millet, G. P. (2013). Alterations of Neuromuscular Function after the World's Most Challenging Mountain Ultra-Marathon. *PLoS ONE*, 8(6), e65596.
7. Junge A, Engebretsen L, Alonso JM, et al. Injury surveillance in multi-sport events: the International Olympic Committee approach. *Br J Sports Med*. 2008;42(6):413-421
8. Noakes, T. D. (2000). Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 10(3), 123–145.
9. Millet G.P., Balducci P. (2017) Les effets immédiats des courses d'ultra-endurance : état des lieux et conséquences pour la santé. *Mains libres 2*: 9-16.
10. Lopes, A. D., Hespanhol Júnior, L. C., Yeung, S. S., & Costa, L. O. P. (2012). What are the main running-related musculoskeletal injuries? A Systematic Review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(10), 891–905.
11. Van Gent, R. N., Siem, D., van Middelkoop, M., van Os, A. G., Bierma-Zeinstra, S. M. A., & Koes, B. W. (2007). Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(8), 469–480; discussion 480.
12. Krabak, B. J., Waite, B., & Schiff, M. A. (2011). Study of injury and illness rates in multiday ultramarathon runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(12), 2314–2320.
13. Miners, A. L., & Bougie, T. L. (2011). Chronic Achilles tendinopathy: a case study of treatment incorporating active and passive tissue warm-up, Graston Technique®, ART®, eccentric exercise, and cryotherapy. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 55(4), 269–279.
14. Rio, E., Kidgell, D., Purdam, C., Gaida, J., Moseley, G. L., Pearce, A. J., & Cook, J. (2015). Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. *Br J Sports Med*, 49(19), 1277–1283.
15. Millet, G. Y., Tomazin, K., Verges, S., Vincent, C., Bonnefoy, R., Boisson, R.-C., Martin, V. (2011). Neuromuscular Consequences of an Extreme Mountain Ultra-Marathon. *PLoS ONE*, 6(2), e17059.

- passer à la facturation électronique
- gérer simplement son fichier clients et sa facturation

*PhyGest 2016*

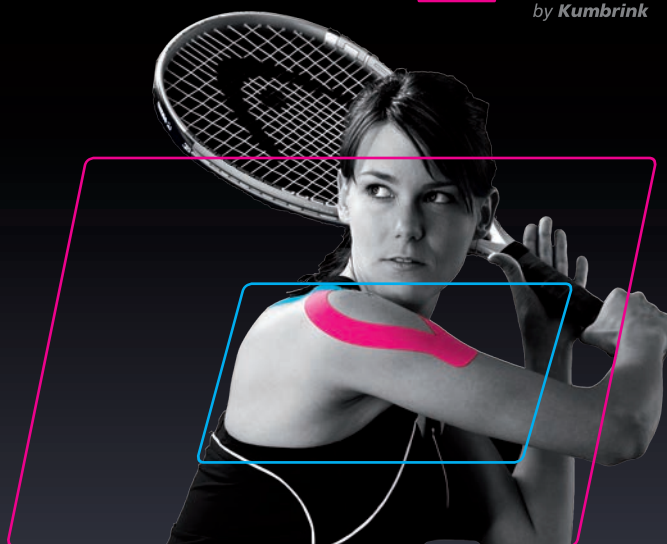
*logiciel de gestion de cabinet multi-thérapies*

**...conçu et réalisé par des physiothérapeutes**

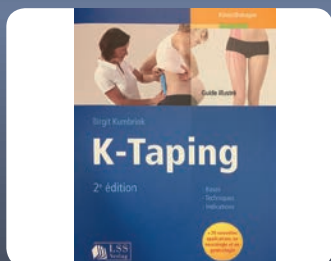
**NET  
PROGRESS (Sàrl)**

10 ch de la Pépinière, 1213 Petit-Lancy - 078 601 41 95

**ktape**<sup>®</sup>  
by Kumbrink



## Tapes pour le sport et la thérapie



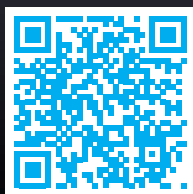
Commandez maintenant en ligne :

[www.sahag-shop.ch](http://www.sahag-shop.ch)

- Sans frais de port
- Achat sur facture pour les clients professionnels

Remise de  
**20%\***

\* sur tous les articles de taping pour les commandes en ligne à partir de Fr. 50.-  
valable jusqu'au 31.10.17  
Code rabais : **ML1017**



Distribution en Suisse :  
Sahag AG  
Hubstrasse 104, 9501 Wil  
T 071 929 85 00, F 071 929 85 20  
[info@sahag.ch](mailto:info@sahag.ch)

sahag  
Switzerland



Centre d'impression de la Broye sa

Route de la Scie 9  
Case postale 631  
1470 Estavayer-le-Lac  
Tél. 026 663 12 13

[info@cibsa.ch](mailto:info@cibsa.ch)

[www.cibsa.ch](http://www.cibsa.ch)

Là où vos idées  
prennent forme



**SOLO MEDICAL RHONE-ALPES**

APPAREILLAGES ET CONSOMMABLES POUR LES SPECIALISTES DE LA SANTE

VOTRE NOUVEAU DISTRIBUTEUR EXCLUSIF EN  
SUISSE ROMANDE  
POUR LA GAMME DE PRODUITS **SKINEXIANS**



**DERMO V4 – FULLSKIN V7 – SKINTONIC**

A VOTRE DISPOSITION POUR TOUTES VOS DEMANDES  
EN NEUF OU SAV

[WWW.SOLOMEDICAL-RHONE-ALPES.COM](http://WWW.SOLOMEDICAL-RHONE-ALPES.COM)

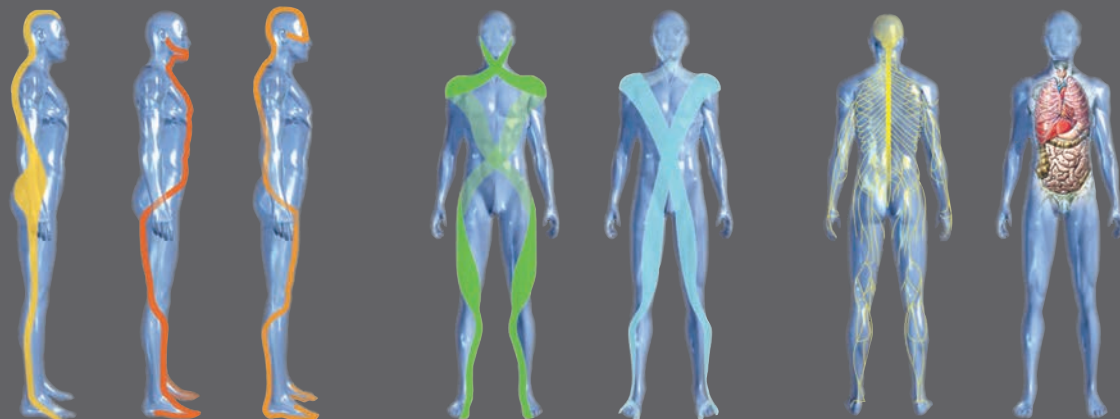
TEL : 0033 6 12 08 63 76





# méthode Busquet

une formation, une équipe



## Formation : 8 séminaires de 3 jours

**SUISSE** Yverdon, **BELGIQUE**, **ESPAGNE**, **PORTUGAL**, **RUSSIE**, **CANADA**, **ARGENTINE**, **BRÉSIL**  
**FRANCE** : Pau, Paris, Lyon, Bordeaux, Toulouse, Pontivy, Lille,  
Strasbourg, Vichy, Nice, Salon-de-Provence, Dole, Réunion

Collection d'ouvrages offerte avec la formation des 8 séminaires



## Formation bébé : 1 séminaire de 3 jours à Pau (Fr)



[www.chaines-physiologiques-bebe.com](http://www.chaines-physiologiques-bebe.com)

[www.chaines-physiologiques.com](http://www.chaines-physiologiques.com)



# Ginphys

Le logiciel des physios et ostéos

*" Plus de 250 cabinets,  
dont 150 facturent  
électroniquement. "*

*" NOUVEAU : Lecteur de  
cartes CADA intégré "*

Cocktail dynamique de fonctions  
informatiques pour optimiser la  
gestion de votre cabinet.



JLE Informatique

[www.jle.ch](http://www.jle.ch)

[info@jle.ch](mailto:info@jle.ch)

021 903 55 02

Services et développements professionnels depuis 1989

## MULTIform'

**NEGATIVE TRAINING**  
**ENTRAINEMENT EN EXCENTRIQUE**



**VISTA  
MED SARL**

Chemin du Croset 9A / CH - 1024 Ecublens  
Tél. 021 695 05 53 / Fax 021 695 05 59  
[info@vistamed.ch](mailto:info@vistamed.ch) / [www.vistamed.ch](http://www.vistamed.ch)

# Clarification de la notion clinique d'épine irritative d'appui plantaire – effets posturaux et oculomoteurs et intérêt diagnostique du quotient plantaire

## Clarification of the clinical notion of plantar irritating stimulus – postural and oculomotor effects and diagnostic value of the plantar quotient

ARNAUD FOISY (Podologue DE, DO, PhD)<sup>1, 2</sup>, ZOI KAPOULA (PhD)<sup>2</sup>

1 Podologue indépendant, Vigneux, France

2 Groupe IRIS, Université Paris Descartes, Paris, France

### Sources de financement

Arnaud Foisy a obtenu le soutien financier du Collège Ostéopathique Européen (3000€), de l'Association de Posturologie Internationale (560€) et de l'Institut d'Assas (375€). Aucun de ces sponsors n'a eu d'implication dans l'étude.

### Conflits d'intérêts

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt ayant pu influencer les résultats de l'étude.

### Keywords

Exteroception, proprioception, Plantar Exteroceptive Inefficiency, Plantar Irritating Stimulus, Plantar Quotient, insoles, foot, postural control, vergence, eye movement

### Mots clés

Extéroception, proprioception, Inefficiency des Afférences Plantaires, Epines Irritatives d'Appui Plantaire, Quotient Plantaire, semelles, pied, contrôle postural, vergence, mouvement des yeux

### Abstract

**Introduction:** we assessed whether subjects with Plantar Exteroceptive Inefficiency (PEI), characterized by a Plantar Quotient (PQ) <100, are more unstable and have a less efficient control of vergence than subjects with a normal PQ (i.e. >100, NPQS). We also aimed at identifying which parameters of stability are affected by foam interposition within each group of subjects.

**Methods:** We assessed the degree of utilization of plantar exteroceptive afferents of 31 young and healthy subjects by the Plantar Quotient method (PQ = Surface CoP on foam / Surface CoP on firm ground X 100). We analyzed their postural (in visual fixation and during eye movements) and oculomotor performances after having classified them into two groups depending on their PQ.

### Résumé

**Introduction:** nous avons évalué si des sujets avec Inefficiency des Afférences Plantaires (IAP), caractérisés par un Quotient Plantaire (QP) <100, sont plus instables et contrôlent moins bien leur vergence que les sujets au QP normal (i.e. >100, SQPN). Nous avons aussi recherché quels paramètres de stabilité sont affectés par l'interposition de mousse dans les deux groupes.

**Méthode:** nous avons évalué le degré d'utilisation des afférences extéroceptives plantaires de 31 sujets jeunes et sains par la méthode du QP (QP = Surface CCP sur mousse / Surface CCP sur sol dur X 100). Nous avons analysé leurs performances posturales (en fixation visuelle et lors de mouvements oculaires) et oculomotrices après les avoir classés en deux groupes en fonction de leur QP.

**Results:** the results did not show any significant differences between the groups neither concerning vergence control, nor posture (except on Surface, which is used to classify the subjects). However, the PEI subjects showed a better stability on extruded polystyrene foam (6mm thick, shore 20A), including as regards the Length and Variance of Speed parameters, whereas it was the opposite for the NPQS.

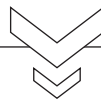
**Discussion:** this paradoxical behaviour of the PEI subjects along with their lesser use of plantar exteroceptive afferents sustains the validity of the clinical notion of unconscious plantar nociception called « Plantar Irritating Stimulus ».

**Conclusion:** it is likely that a « Plantar Irritating Stimulus » needs to be present for a longer period in order to produce differences between groups concerning postural and oculomotor control, and perhaps eventually symptoms.

**Résultats:** les résultats n'ont pas montré de différences significatives entre les deux groupes de sujets sur le contrôle de la vergence, ni de la posture (sauf la surface, intervenant dans la classification des sujets). En revanche les sujets IAP présentent une stabilité améliorée sur mousse (polystyrène extrudé, 6mm, shore 20A), y compris sur la Longueur et la variance de la vitesse, alors que c'est l'inverse pour les SQPN.

**Discussion:** ce comportement paradoxal des sujets IAP ainsi que leur utilisation moindre des afférences extéroceptives plantaires valident la notion clinique de nociception plantaire non consciente nommée « Epine Irritative d'Appui Plantaire ».

**Conclusion:** il est probable qu'elle doit être présente plus longtemps pour produire des différences entre les groupes sur le plan du contrôle postural, oculomoteur, voire symptomatique.



## Introduction

Le contrôle de la posture met en jeu un système multisensoriel dans lequel les informations provenant des récepteurs de la peau plantaire jouent un rôle important <sup>(1)</sup>. Ces afférences somesthésiques peuvent être altérées expérimentalement par l'interposition de mousse entre le sol et les pieds du sujet. Toutes les expériences ayant utilisé cette méthode ont démontré que les sujets sont plus instables lorsqu'ils se tiennent debout sur la mousse (2,3,4 parmi d'autres). En effet, l'interposition de mousse a des effets comparables à une anesthésie, diminuant l'information provenant des pieds <sup>(3,5)</sup>.

Une autre façon de manipuler l'extéroception plantaire consiste non pas à atténuer ces afférences, mais au contraire à enrichir le signal. Cela peut être fait par différentes méthodes, comme l'application de vibrations mécaniques à la peau plantaire <sup>(1)</sup>, ou l'utilisation d'inserts plantaires fins (< 4mm). Cette dernière technique a notamment été proposée suite à des observations cliniques répétées, dans le but de modifier différents paramètres posturaux chez des patients <sup>(6,7,8,9,10)</sup>. De premières études cliniques ont suggéré que des tels inserts plantaires permettent d'améliorer la qualité du contrôle postural <sup>(11,12)</sup>, et une étude expérimentale de *Janin* et *Dupui* <sup>(13)</sup> a montré qu'un insert médio-interne unilatéral de 3mm d'épaisseur latéralise le Centre des Pressions Plantaires (CPP) du côté opposé à la stimulation. De la même manière, plusieurs thérapeutes ont proposé que l'interposition d'une couche de mousse <sup>(14)</sup> ou de stimulations plantaires fines sous les pieds des sujets <sup>(15,16,17)</sup> modifie les phories (i.e. l'alignement binoculaire des axes visuels).

Un précédent travail <sup>(18)</sup> a récemment apporté une première confirmation que la stimulation de l'extéroception plantaire par des inserts plantaires fins bilatéraux internes (EMI® - déposé par *Sylvie* et *Philippe Villeneuve*, INPI N° 938 925 à 938 841) ou externes (EME) en résine dure (shore 60A) de 3mm d'épaisseur produit des effets à la fois sur le contrôle postural et oculomoteur. Dans cette étude, les sujets se tenaient debout et réalisaient des mouvements de saccades oculaires

puis de vergence. La qualité de leur contrôle postural a été enregistrée par plateforme de forces (Cyber Sabots, Techno-Concept) et leurs mouvements des yeux à l'aide d'un eye-tracker (Chronos Skalar). Avec les stimulations plantaires (surtout internes), les sujets sont plus stables pour un coût énergétique moindre, et sont moins antériorisés. De plus, ils présentent des modifications significatives des amplitudes de vergence, et ce de manière spécifique en fonction de la zone plantaire stimulée. La vergence est un mouvement des yeux disconjugué, c'est-à-dire au cours duquel les axes visuels se déplacent en sens opposé, ce qui permet l'exploration de la profondeur. La convergence correspond à un rapprochement des axes visuels et survient lorsqu'on regarde une cible visuelle plus proche que la précédente; et inversement pour la divergence. Les résultats ont montré que les inserts internes augmentent l'amplitude de la partie initiale (phasique) du mouvement de divergence, celle-ci ayant lieu en boucle ouverte (i.e. sans influence de la rétroaction visuelle), résultant en un mouvement davantage pré-programmé (une part plus importante du mouvement ayant lieu dans les 80 premières millisecondes - voir 19). A l'inverse, les inserts externes augmentent l'amplitude de la partie terminale (tonique) du mouvement de convergence, qui se produit donc davantage sous influence de la rétroaction visuelle.

Il y a une trentaine d'années, des cliniciens évoquaient l'existence de possibles « circuits pathogènes parasites » <sup>(6)</sup>, de « souffrances du pied (...) conscientes ou inconscientes » susceptibles d'entraver les effets des stimulations plantaires fines <sup>(8)</sup>, ou encore « d'influence perturbatrice de l'afférence podale » <sup>(20)</sup>. Un tel phénomène pourrait avoir des conséquences thérapeutiques immédiates: pour *Gagey* et *Weber* <sup>(21)</sup>, il est indispensable de supprimer toute information nociceptive avant d'entreprendre des traitements de rééducation, si l'on veut que leurs effets soient durables.

Peu après, *Leporck* et *Villeneuve* <sup>(22)</sup> ont nommé cette information parasite podale « Epines Irritatives d'Appui Plantaire » (EIAP), la définissant comme des « zones nociceptives podales



conscientes ou non, qui lors de leur mise en contact avec l'environnement entraînent une modification de la posture ou de l'équilibre chez l'homme debout. Leur inhibition doit entraîner des variations posturales cliniquement et instrumentalement objectivables ». Cette définition est donc basée sur une observation des effets supposés de l'EIAP: plusieurs études cliniques suggèrent que l'interposition de mousse améliore de façon paradoxale la stabilité orthostatique de sujets symptomatiques ou asymptomatiques (20,23,24,25,26,27). La mousse permettant d'atténuer les afférences plantaires (5), les auteurs ont proposé que cette amélioration du contrôle postural s'explique par la neutralisation d'afférences plantaires perturbatrices (22).

Un précédent travail a également apporté une première validation de ces observations et études cliniques (28). Nous avons remarqué une grande variabilité inter-individuelle des effets posturaux et oculomoteurs enregistrés dans l'étude réalisée précédemment (18). De telles différences entre les sujets avaient déjà été rapportées par d'autres auteurs, aussi bien en ce qui concerne le contrôle de l'équilibre (3, 4, 5) que les mouvements des yeux (29, 30), sans toutefois être expliquées.

Nous avons donc fait l'hypothèse que cette variabilité puisse être liée au degré d'utilisation des informations plantaires. Celui-ci est classiquement évalué en comparant la stabilité des sujets (en termes de surface d'oscillations du CPP) lorsqu'ils se tiennent debout sur un sol dur et sur mousse, par le biais d'un rapport entre ces deux mesures: le Quotient Plantaire (QP) (20,31,32). Plus ce quotient est élevé, plus le sujet utilise les informations cutanées plantaires pour s'équilibrer; si le QP est inférieur à 100, le sujet est paradoxalement plus stable sur mousse que sur sol dur.

Nous avons donc évalué le degré d'utilisation des informations plantaires de la population de notre première expérience (18) au moyen du Quotient Plantaire. Nous avons ensuite ré-analysé les données de la première expérimentation en fonction de chaque sous-groupe, défini par ce quotient. Les résultats ont montré que les sujets dont le QP est inférieur à 100 utilisent moins leurs afférences plantaires à la fois pour le contrôle postural et oculomoteur: chez ces sujets il n'y a plus d'effet significatif des stimulations plantaires fines, alors que ces effets sont toujours visibles dans le sous-groupe des sujets au QP supérieur à 100 (28). Partant de ces observations, nous avons nommé cette situation « Inefficacité des Afférences Plantaires » (IAP), et proposé, après Janin (33), qu'elle soit due à une hyper-pronation (pieds valgus), responsable d'hyperpressions plantaires localisées aboutissant à une altération des signaux extéroceptifs. Celle-ci correspondrait à un bruit non conscient assimilable à une nociception perturbant l'intégration des afférences plantaires. Les mesures objectives et statistiquement significatives que nous avons obtenues corroborent donc la notion clinique d'EIAP.

Dans le présent article, nous présentons de nouveaux résultats portant sur la même population que précédemment (28), et permettant de répondre aux questions suivantes:

(i) y a-t-il des différences dans le contrôle postural entre les sujets au QP < 100 (sujets IAP) et les sujets au QP > 100 (sujets

au QP normal – SQPN) en condition de fixation visuelle, et lors de mouvements oculaires? Compte tenu de la non utilisation des afférences plantaires des sujets IAP que nous pensons liée à un signal nociceptif, nous faisons l'hypothèse que les sujets IAP seront moins stables que les SQPN.

(ii) y a-t-il des différences dans le contrôle de la vergence entre les deux groupes de sujets? Pour la même raison, nous faisons l'hypothèse que les sujets IAP présenteront un contrôle de la vergence de moins bonne qualité que les SQPN.

(iii) quels paramètres de la stabilité sont affectés par la mousse dans les deux groupes de sujets?

Ces questions sont importantes car l'extéroception plantaire est une source majeure d'informations pour le contrôle postural (1). Une altération du fonctionnement de cette entrée sensorielle pourrait provoquer une instabilité et mener à terme à ses conséquences, telles que les douleurs mécaniques (34), ce que suggèrent plusieurs études cliniques.

## Méthode

L'investigation a adhéré aux principes de la Déclaration d'Hel-sinki et a été approuvée par le « Comité de Protection des Personnes » (CPP) Ile de France VI (No: 07035), Hôpital Necker, Paris. Les participants ont donné leur consentement écrit après que la nature de l'expérience leur ait été expliquée.

Trente et un sujets (25,7 ± 3,8 ans) ont participé à l'étude (14 hommes et 17 femmes). Nous avons utilisé une plateforme de forces (Cyber Sabots, TechnoConcept) pour enregistrer les déplacements du CPP pendant 51.2 secondes à 40Hz (36). Deux enregistrements ont été réalisés dans un ordre aléatoire: un sur sol dur, et un avec interposition d'une couche de mousse de polystyrène extrudé de 6mm d'épaisseur (Dépron® Classic gris, dureté shore 20A, www.depronfoam.fr) sous leurs pieds, reprenant la méthode de Dujols (20). Les sujets fixaient une cible située à 90 cm, devant leurs yeux, la position de leurs pieds sur la plateforme était standardisée: les talons séparés de 4 cm et les pieds ouverts à 30°. Le Quotient Plantaire a été calculé: QP = Surface CPP mousse / Surface CPP sol dur x 100. Leurs caractéristiques sont résumées dans le Tableau 1.

L'échantillon a été réparti en 2 groupes: ceux qui avaient une réponse normale, étant plus stables sur sol dur que sur mousse (QP > 100) que nous avons nommés « Sujets au Quotient Plantaire Normal » (SQPN); et ceux qui étaient plus stables sur mousse que sur sol dur (QP < 100), que nous avons nommés sujets avec « Inefficacité des Afférences Plantaires » (sujets IAP).

Afin de répondre aux questions posées, nous avons:

(i) comparé le contrôle postural des deux groupes de sujets d'une part en condition de fixation visuelle (cible à 90 cm) sur sol dur et sur mousse, et d'autre part lors des mouvements des yeux, sans stimulation plantaire, avec inserts plantaires internes ou externes bilatéraux.

Sujet	Groupe	QP	Sexe	Age	Taille cm	Poids (kg)	TNO	Parinaud	Accom- modation
S3	Sujet IAP	93	F	33	163	51	30	2	6,25
S6	Sujet IAP	86	F	22	172	66	60	2	11,11
S7	Sujet IAP	94	F	22	156	58	30	2	8,96
S11	Sujet IAP	41	M	25	175	72	60	2	7,23
S13	Sujet IAP	81	F	23	170	57	30	2	10,20
S18	Sujet IAP	22	M	24	182	72	30	2	8,70
S21	Sujet IAP	91	F	24	167	85	60	2	6,65
S25	Sujet IAP	63	F	25	158	53	60	2	8,85
S27	Sujet IAP	76	M	30	186	72	60	2	10,53
S28	Sujet IAP	76	F	26	158	55	30	2	7,21
S29	Sujet IAP	59	F	29	168	61	30	2	11,32
S31	Sujet IAP	49	M	24	176	74	60	2	10,53
<b>M</b>		<b>69</b>		<b>25,6</b>	<b>169,3</b>	<b>64,7</b>	<b>45,00</b>	<b>2,00</b>	<b>8,96</b>
<b>ET</b>		<b>23</b>		<b>12</b>	<b>33</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>0</b>	<b>6</b>
S1	SQPN	115	F	31	172	74	30	2	8,33
S2	SQPN	124	M	25	173	71	30	2	12,05
S4	SQPN	109	F	22	168	62	60	2	8,88
S5	SQPN	255	M	23	184	75	60	2	9,32
S8	SQPN	346	M	31	185	67	60	2	7,79
S9	SQPN	158	M	22	183	76	60	2	10,71
S10	SQPN	163	F	35	160	61	30	2	6,67
S12	SQPN	120	F	22	169	52	30	2,5	9,55
S14	SQPN	114	M	24	173	76	30	2	9,52
S15	SQPN	229	M	26	178	79	60	2	10,71
S16	SQPN	173	M	33	187	89	15	2	9,38
S17	SQPN	114	F	23	171	57	30	2	9,23
S19	SQPN	130	F	22	162	52	30	2	7,79
S20	SQPN	166	M	23	166	54	60	2	7,41
S22	SQPN	207	F	25	168	55	15	2	7,14
S23	SQPN	137	F	23	168	51	15	2	8,15
S24	SQPN	153	F	25	160	57	15	2	8,20
S26	SQPN	164	M	29	166	64	15	2	9,52
S30	SQPN	109	M	25	180	64	30	3	10,71
<b>M</b>		<b>162</b>		<b>25,7</b>	<b>172,3</b>	<b>65,1</b>	<b>35,53</b>	<b>2,08</b>	<b>9,00</b>
<b>ET</b>		<b>61</b>		<b>18</b>	<b>37</b>	<b>48</b>	<b>79</b>	<b>1</b>	<b>6</b>
<b>Valeurs de p</b>		<b>0,00</b>		<b>0,87</b>	<b>0,39</b>	<b>0,87</b>	<b>0,11</b>	<b>0,25</b>	<b>0,87</b>

› Tableau 1 : caractéristiques des sujets, avec leurs moyennes (M) et écarts-types (ET)

Pour chaque sujet : Quotient Plantaire (QP), Taille (cm), Poids (kg), stereoacuité (TNO), acuité visuelle de près (Parinaud, moyenne des 2 yeux). Les valeurs normales sont < 100 pour le TNO, < 3 pour le Parinaud < 9.5 ± 2 pour l'amplitude d'accommodation.

- (ii) comparé le contrôle de la vergence des deux groupes, sans stimulation plantaire, avec inserts plantaires internes ou externes bilatéraux (sur les données de 18).
- (iii) évalué les effets posturaux de la mousse sur l'ensemble des sujets, puis sur chaque groupe.

Les paramètres posturaux analysés étaient la Surface des déplacements du CPP, correspondant à 90% des positions instantanées du CPP incluses dans l'ellipse de confiance<sup>(37)</sup>; la Longueur des déplacements du CPP et la Variance de la Vitesse de ses déplacements. Les paramètres oculomoteurs analysés étaient les paramètres de vergence qui avaient présenté des variations significatives lors de la première expérience<sup>(18)</sup>: la latence

(i.e. le temps séparant l'apparition de la cible visuelle et le début du mouvement des yeux); les amplitudes totales de convergence et de divergence; et les amplitudes de la partie initiale (phasique) et terminale (tonique) de convergence et de divergence.

L'analyse statistique a été réalisée sous Statsoft / Statistica (7.1). Les statistiques descriptives ont rapporté la moyenne et la dispersion (écarts-types et erreurs standards) des valeurs étudiées. Les statistiques inférentielles se sont appuyées sur des tests non paramétriques (i.e tests de Mann-Whitney, de Kruskal-Wallis ou de Wilcoxon) étant donné que le test de Shapiro-Wilk a révélé que certaines distributions ne suivaient pas la loi normale et étaient impossibles à normaliser. Une valeur de  $p < 0,05$  a été considérée comme significative.

## Résultats

### Résultats des Quotients Plantaires et constitution des groupes

Nous avons obtenu un QP moyen de 126, similaire à celui de Dujols (20). Dix-neuf sujets avaient un QP > 100 ( $162 \pm 61$ ) et ont

été classés « SQPN », et 12 sujets avaient un QP < 100 ( $69 \pm 23$ ) et ont été classés « sujets IAP ».

Les deux groupes n'étaient pas significativement différents en ce qui concerne l'âge, la taille, le poids, la stéréo-acuité, l'acuité visuelle, et l'amplitude d'accommodation ( $p > 0,05$ ). La seule différence entre les deux groupes était leur QP ( $p < 0,01$ ), les sujets IAP ayant un QP plus bas que les SQPN (Tableau 1).

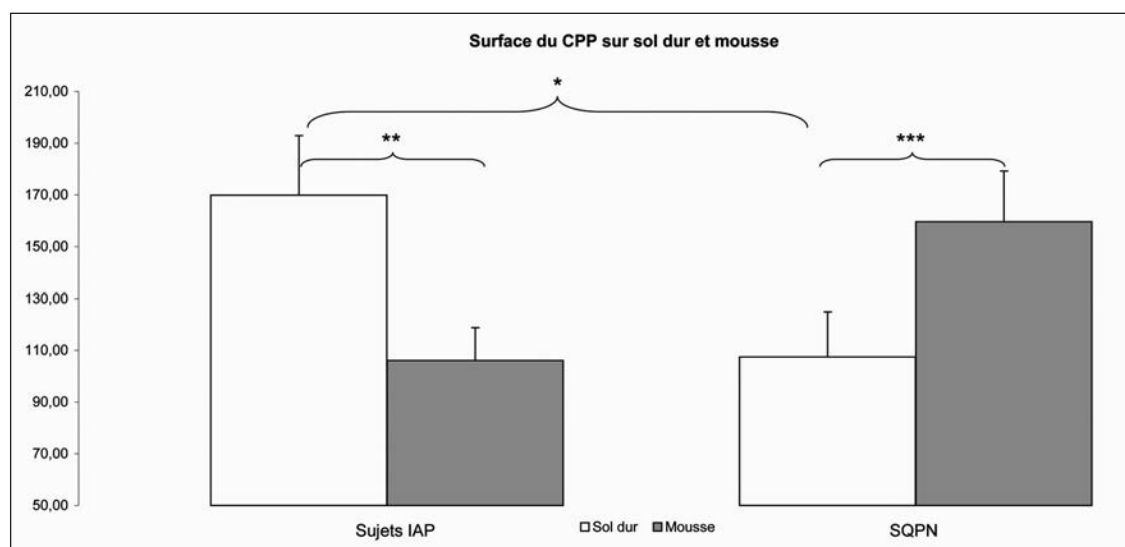
### Comparaison de la qualité du contrôle postural des deux groupes

En condition de fixation visuelle, la Surface des sujets IAP était significativement plus grande sur sol dur ( $p = 0,01$ ). Sur mousse, la Surface des sujets IAP présente une tendance à être plus petite que celle des SQPN ( $p = 0,07$ ).

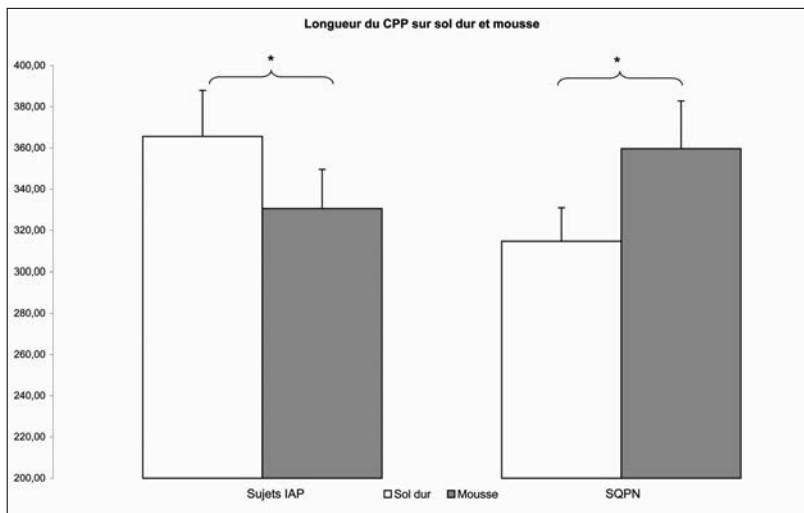
Les deux groupes de sujets ne présentaient de différence significative ( $p > 0,05$ ) sur aucun des autres paramètres posturaux (Longueur et Variance de la Vitesse sur sol dur et sur mousse). Ces résultats sont résumés dans le Tableau 2 et présentés dans les Figures 1, 2 et 3.

	En fixation visuelle		Lors des mouvements des yeux		
	Sol dur	Mousse	Contrôle	EMI®	EME
<b>Surface du CPP (mm<sup>2</sup>)</b>					
Sujets IAP	169,83 ± 79.95	106,09 ± 44.13	121 ± 34.64	97 ± 34.64	107 ± 24.25
SQPN	107,49 ± 76.15	159,58 ± 85.48	106 ± 34.87	85 ± 17.44	95 ± 26.15
<b>Longueur du CPP (mm)</b>					
Sujets IAP	365,60 ± 77.32	330,58 ± 65.96	300,48 ± 50.30	319,80 ± 77.15	306,11 ± 57.82
SQPN	314,74 ± 70.79	359,67 ± 100.95	332,85 ± 72.58	325,57 ± 74.67	316,49 ± 69.44
<b>Variance de la Vitesse du CPP (mm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>)</b>					
Sujets IAP	27,96 ± 24.04	18,46 ± 9.08	17 ± 6.93	14 ± 3.46	14 ± 3.46
SQPN	16,73 ± 7.54	26,69 ± 21.88	17 ± 4.36	15 ± 4.36	15 ± 4.36

> Tableau 2 : performances posturales des sujets / Moyennes et écart-types des paramètres posturaux dans chaque condition

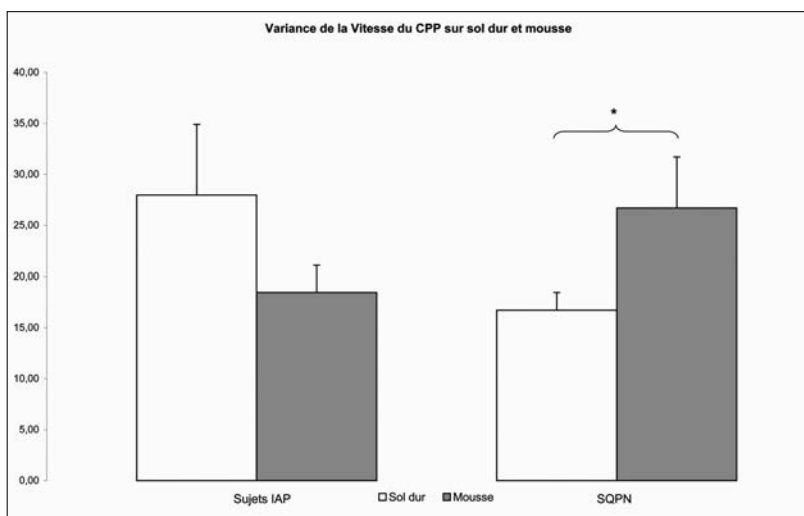


> Figure 1: surface d'oscillation du CPP des sujets IAP et des SQPN (mm<sup>2</sup>). Moyenne de la Surface des excursions du Centre des Pressions Plantaires pour chaque condition testée. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards; les astérisques indiquent les différences significatives, avec \* pour  $p < 0,05$ , \*\* pour  $p < 0,01$ , \*\*\* pour  $p < 0,001$ .



› Figure 2 : longueur des déplacements du CPP des sujets IAP et des SQPN (mm).

Moyenne de la Longueur des déplacements du Centre des Pressions Plantaires pour chaque condition testée. Les barres d'erreur représentent les erreurs standards; les astérisques indiquent les différences significatives, avec \* pour  $p < 0.05$ .



› Figure 3 : variance de la Vitesse des déplacements du CPP des sujets IAP et des SQPN (mm²/s²).

Moyenne de la Variance de la Vitesse des déplacements du Centre des Pressions Plantaires pour chaque condition testée. Les barres d'erreur représentent les erreurs standards; les astérisques indiquent les différences significatives, avec \* pour  $p < 0.05$ .

Lors des mouvements des yeux, il n'y avait aucune différence significative ( $p > 0,05$ ) entre les sujets IAP et les SQPN quelle que soit la condition de stimulation plantaire (sans stimulation, avec inserts plantaires internes ou externes bilatéraux), sur aucun paramètre postural.

### Comparaison de la qualité du contrôle de la vergence des deux groupes

Il n'y avait aucune différence significative ( $p > 0,05$ ) entre les deux groupes de sujets quelle que soit la condition de stimulation plantaire, sur aucun paramètre de la vergence. Ces résultats sont résumés dans le [Tableau 3](#).

### Effets de la mousse

Sur l'ensemble des sujets, il n'y avait aucun effet significatif de la mousse concernant les différents paramètres posturaux ( $p > 0,05$ ). Cette absence d'effet significatif sur l'ensemble des sujets est due à des comportements opposés de chaque sous-groupe.

En effet, chez les SQPN, l'interposition de mousse s'accompagne d'une augmentation significative de la Surface ( $p < 0,01$ ), de la Longueur ( $p = 0,01$ ) et de la Variance de la Vitesse ( $p = 0,04$ ) du CPP comparativement au sol dur, indiquant un contrôle postural de moins bonne qualité dans cette condition.

Chez les sujets IAP, à l'inverse, l'interposition de mousse s'accompagne d'une diminution significative de la Surface ( $p < 0,01$ ), et de la Longueur ( $p = 0,02$ ) du CPP comparativement au sol dur, indiquant un contrôle postural de meilleure qualité dans cette condition. De plus il y a une tendance parasignificative à l'augmentation de la Variance de la Vitesse ( $p = 0,07$ ) sur mousse comparé au sol dur ([Fig.1, 2 et 3](#)).

## Discussion

### Résultats des Quotients Plantaires

Avec un QP moyen de 126 nos résultats sont en accord avec la littérature <sup>(20)</sup>, et confirment que les sujets sont plus stables sur sol dur que sur mousse, ce qui se traduit par un QP  $> 100$ . Il faut noter que dans la littérature les auteurs utilisent des plaques de mousse molle et épaisse de plusieurs centimètres, qui induisent des effets mécaniques et sensoriels <sup>(3)</sup>, ces derniers impliquent aussi bien l'extéroception que la proprioception plantaire <sup>(2,3)</sup>. Ici, nous avons utilisé une mousse fine et ferme afin de focaliser l'action sur les afférences cutanées <sup>(20,22,23)</sup>.

### Comparaison de la qualité du contrôle postural et oculomoteur des deux groupes

Les sujets IAP semblent plus instables (Surface significativement plus importante) que les SQPN lorsqu'ils se tiennent sur

	Contrôle	EMI®	EME
<b>DIVERGENCE</b>			
<b>Amplitude totale (degrés)</b>			
Sujets IAP	3.91 ± 0.80	3.92 ± 0.52	3.90 ± 0.66
SQPN	3.98 ± 0.83	3.89 ± 0.78	4.08 ± 0.70
<b>Amplitude phasique (degrés)</b>			
Sujets IAP	0.99 ± 0.17	1.06 ± 0.17	1.05 ± 0.17
SQPN	0.97 ± 0.31	1.06 ± 0.31	1.00 ± 0.31
<b>Amplitude tonique (degrés)</b>			
Sujets IAP	2.97 ± 0.83	2.91 ± 0.55	2.84 ± 0.83
SQPN	3.01 ± 0.65	2.83 ± 0.65	3.08 ± 0.57
<b>Latence (millisecondes)</b>			
Sujets IAP	206 ± 28	215 ± 28	217 ± 35
SQPN	210 ± 44	211 ± 44	211 ± 44
<b>CONVERGENCE</b>			
<b>Amplitude totale (degrés)</b>			
Sujets IAP	5.59 ± 1.28	5.56 ± 1.28	5.61 ± 1.35
SQPN	5.44 ± 1.87	5.60 ± 1.79	5.66 ± 1.61
<b>Amplitude phasique (degrés)</b>			
Sujets IAP	1.49 ± 0.48	1.57 ± 0.55	1.54 ± 0.59
SQPN	1.65 ± 0.57	1.81 ± 0.70	1.70 ± 0.65
<b>Amplitude tonique (degrés)</b>			
Sujets IAP	4.09 ± 1.00	3.99 ± 1.00	4.07 ± 1.00
SQPN	3.79 ± 1.26	3.90 ± 1.26	4.02 ± 1.26
<b>Latence (millisecondes)</b>			
Sujets IAP	190 ± 21	190 ± 21	193 ± 24
SQPN	186 ± 26	185 ± 26	190 ± 35

› Tableau 3 : performances oculomotrices des sujets

Moyennes et écarts-types des paramètres oculomoteurs dans chaque condition

un sol dur et en condition de fixation visuelle uniquement (pas lors des mouvements des yeux). Ce résultat est cependant à relativiser car le seul indicateur significatif d'une différence de stabilité entre les deux groupes de sujets est la Surface d'oscillations du CPP, or ce critère intervient dans la classification des sujets (i.e. calcul du QP). Il n'y a pas de différences significatives entre les groupes concernant le contrôle de la vergence. Les deux premières hypothèses posées sont donc rejetées. Deux raisons peuvent être avancées pour expliquer ces résultats.

Tout d'abord, il faut rappeler que la population était composée de sujets jeunes et sains. Il est donc probable que la présence de l'IAP était trop récente pour induire une différence de qualité de contrôle postural et oculomoteur entre les groupes, malgré l'existence d'une différence significative dans l'utilisation des afférences plantaires, aussi bien pour le contrôle postural que pour le contrôle de la vergence<sup>(18)</sup>. En effet, plusieurs auteurs considèrent qu'en raison de l'adaptabilité du système postural<sup>(38)</sup>, le passage d'un état « normal » à un état « pa-

thologique » se fait de manière très progressive, avec d'abord des dysfonctionnements asymptomatiques, puis l'apparition de symptômes (douleurs...) et enfin de lésions<sup>(39,40,41,42)</sup>.

Une autre explication possible est que l'utilisation différente des afférences cutanées plantaires ne relève pas d'une dysfonction latente des récepteurs plantaires, mais d'une simple idiosyncrasie : certains sujets seraient physiologiquement plus « dépendants » d'autres sources d'information. Cette hypothèse nous semble peu probable car il est connu qu'en physiologie les afférences podales constituent une source d'informations majeure pour assurer la stabilité en orthostatisme<sup>(43)</sup>, avec en particulier un rôle prépondérant des afférences cutanées plantaires<sup>(1)</sup>. C'est la raison pour laquelle nous avons retenu l'hypothèse de nociception non consciente (Inefficacité des Afférences Plantaires et non simple « indépendance plantaire »), rejoignant la notion clinique d'EIAP (voir 18 pour une explication plus complète). Les résultats obtenus concernant les performances posturales sur mousse confirment aussi cette interprétation.

## Effets de la mousse

L'absence d'effet significatif de la mousse sur le contrôle postural sur l'ensemble de la population suggère qu'une mousse présentant ces caractéristiques d'épaisseur et de dureté n'induit pas d'instabilité mécanique susceptible d'engager les afférences proprioceptives des muscles du pied et de la cheville, contrairement aux mousses plus épaisses. Il semble donc que son action concerne les afférences extéroceptives plantaires, confirmant l'avis de cliniciens <sup>(22,23)</sup>.

Cette absence d'effet significatif sur l'ensemble de la population s'explique par des effets opposés dans chaque sous-groupe: la mousse rend les SQPN plus instables (sur les critères de Surface, Longueur et Variance de la Vitesse du CPP), alors qu'elle rend les sujets IAP plus stables sur ces mêmes critères. La mousse permettant de réharmoniser la répartition des pressions plantaires <sup>(2)</sup> et d'atténuer les afférences cutanées <sup>(5)</sup>, ces résultats plaident donc en faveur de l'hypothèse d'Inefficacité des Afférences Plantaires non symptomatique. En effet, l'atténuation d'afférences normales dans le groupe des SQPN rend logiquement ces sujets plus instables, alors que l'atténuation d'afférences nociceptives dans le groupe des sujets IAP améliore leur stabilité. Lorsque la nociception est supprimée par la mousse il n'y a plus de différence significative dans la stabilité des sujets IAP et des SQPN.

Enfin, des résultats obtenus dans une autre étude <sup>(44)</sup> confirment aussi cette explication: les sujets IAP intègrent moins bien leurs afférences visuo-oculomotrices que les SQPN, situation que nous avons nommée « asynergie visuo-podale ». Cela ne semble pas avoir d'intérêt physiologique, et ne semble donc pas compatible avec l'hypothèse de repondération / variation physiologique dans l'utilisation des afférences cutanées plantaires. En effet, plusieurs auteurs proposent que le « poids » affecté à l'intégration des différents signaux sensoriels est ajusté de façon dynamique par un mécanisme dit de « repondération sensorielle », et dépend de leur fiabilité et du contexte environnemental (voir 32 pour revue). Selon ces auteurs, l'ajustement optimal du poids des entrées sensorielles consiste à diminuer l'utilisation de celles qui sont génératrices de bruit, et augmenter celles qui sont capables de fournir un cadre de référence fiable.

## Conséquences diagnostiques

Le caractère asymptotique de cette nociception plantaire incite à les rechercher systématiquement chez les patients <sup>(22)</sup>. Ces auteurs ont proposé initialement que des « variations posturales cliniquement et instrumentalement objectivables » permettent de les mettre en évidence suite à leur « inhibition ». Cependant, comme le soulignent *Weber et al* <sup>(26)</sup>, la définition de cette entité clinique reste « imprécise » et nécessite d'être clarifiée. Quels descripteurs posturographiques pourraient-ils être considérés comme nécessaires et suffisants pour affirmer un diagnostic d'EIAP? Quelle mousse doit être utilisée? *Nouhet et Villeneuve* <sup>(23)</sup> ont suggéré qu'une mousse fine et ferme (Orthomic, 3mm d'épaisseur, dureté shore 37A) induise des variations de la Surface d'oscillation du CPP, avec le plus souvent une augmentation de la Surface, mais parfois une diminution. Cependant cette première étude clinique ne comprenait pas d'analyse statistique et portait sur une population importante mais non sélectionnée (sujets asymptotiques ou douloureux, âgés de 21 à 71 ans). En outre, les conditions

d'une éventuelle randomisation n'étaient pas précisées. Peu après *Weber et al* <sup>(25)</sup> ont remis en question ces premiers résultats. Les auteurs ont évalué les effets stabilométriques de l'Orthomic (3 ou 6 mm) sur un onze sujets sains (avec randomisation et analyse statistique). Leurs résultats n'ont pas permis de mettre en évidence de variation significative des critères de Surface, Vitesse Moyenne et Variance de la Vitesse du CPP par rapport au sol dur (Yeux Ouverts, pour 3 et 6 mm d'épaisseur). *Weber et Gagey* <sup>(24)</sup> rapportent quant à eux une augmentation significative de la Surface, Longueur et Variance de la Vitesse du CPP (Yeux Ouverts ou Yeux Fermés) lors de l'interposition d'un polystyrène expansé « ferme » de 15 mm d'épaisseur chez 21 sujets jeunes et sains. Mais ces résultats obtenus avec une mousse plus épaisse peuvent être dus à des effets à la fois mécaniques et sensoriels, impliquant donc l'extéroception et la proprioception plantaire <sup>(2,3)</sup>.

L'ensemble de nos résultats répondent à la troisième question que nous avons posé et précisent les effets d'une mousse fine sur le contrôle postural, apportant une première clarification à la définition des EIAP. Ils montrent que l'interposition de la mousse choisie permet de mettre en évidence des différences de comportement postural sur les critères de Surface, mais aussi de Longueur et, dans une moindre mesure de Variance de Vitesse du CPP, confirmant et complétant les résultats de *Dujols* <sup>(20)</sup>. La classification des sujets en fonction de leur QP (inférieur ou supérieur à 100) sur cette mousse révèle aussi des comportements différents dans l'utilisation des afférences plantaires lors de leur stimulation par des inserts plantaires fins <sup>(28)</sup>.

En effet, il existe également des méthodes cliniques de diagnostic de cette nociception plantaire. L'amélioration des résultats de tests cliniques comme le *Bassani* (test des pouces montants) ou l'Épreuve Posturo-Dynamique permettrait de la mettre en évidence <sup>(8,22,26)</sup>. Cependant les quelques études cliniques ayant tenté d'évaluer la qualité diagnostique de tests concluent que leur reproductibilité est insuffisante, que ce soit pour la partie podo-pelvienne de l'Épreuve Posturo-Dynamique <sup>(45)</sup>, ou pour l'ensemble de ce test <sup>(27)</sup>. Selon ces auteurs la définition clinique de l'EIAP est donc contestable.

De même *Leporck et Villeneuve* <sup>(22)</sup> ont proposé initialement que la « stimulation [des EIAP] par une palpation appuyée doit réveiller la douleur », mais ces mêmes études <sup>(45,26,27)</sup> ont montré de faibles reproductibilités (intra et inter praticien) du diagnostic de point douloureux plantaire à la palpation; ainsi qu'une faible corrélation de l'amélioration de l'Épreuve Posturo-Dynamique sur mousse et de la présence de point douloureux plantaire à la palpation. *Weber et al* <sup>(26)</sup> concluent qu'« aucune des épreuves cliniques qui permettent d'observer les réponses à la mise sur mousse n'est actuellement validée ». Pour ces raisons, en attendant que des études métrologiques de meilleur niveau soient entreprises pour ces tests cliniques, nous avons préféré utiliser la méthode objective du QP, qui reste à ce jour la seule à être basée sur une littérature internationale indexée.

Nous avons également fait le choix de ne pas utiliser de tests subjectifs d'évaluation de la sensibilité plantaire. En effet, notre population était composée de sujets jeunes et sains (notamment sans pathologie neurologique); les sujets n'avaient donc pas de raison de présenter de déficit sensitif. Une étude clinique de *Janin et Dupui* <sup>(48)</sup> a suggéré une absence de différence de perception

d'un mono-filament de 10g chez des sujets porteurs et non porteurs d'EIAP. Cette même étude suggère aussi une augmentation du seuil de discrimination (évalué au compas de Weber) chez les sujets porteurs d'EIAP. Cependant, l'utilisation de tests comme le mono-filament ou le compas de Weber (ou esthésiomètre) implique une absence d'hyperkératose plantaire au niveau des zones testées. Or, des durillons plantaires (non douloureux) sont fréquents mais l'étude précitée ne précise pas l'éventuelle prise en compte de ce facteur et avait utilisé la méthode de diagnostic clinique (discutable) des EIAP pour catégoriser les sujets. Nous avons donc choisi de ne pas nous appuyer sur ces résultats, tant que des preuves scientifiques plus robustes concernant une éventuelle différence de sensibilité plantaire entre sujets porteurs et non porteurs d'EIAP ne sont pas apportées.

Récemment, Janin<sup>(46)</sup> a comparé la méthode clinique (comparaison de l'Epreuve Posturo-Dynamique sur sol dur et sur mousse de 3mm d'épaisseur) et la méthode stabilométrique (QP sur mousse de 6mm). Les résultats non concordants entre les deux méthodes suggèrent également que la méthode clinique (dépendante de l'appréciation du praticien, contrairement au QP) soit contestable. Cependant, l'auteur fait remarquer que ces deux approches évaluent des aspects différents du contrôle moteur : la méthode clinique s'intéresse d'éventuelles variations lors d'un acte moteur volontaire (le sujet doit réaliser des inflexions rachidiennes), alors que la méthode stabilométrique évalue le contrôle postural (automatique). Ces résultats appellent donc eux aussi une clarification de la définition originelle des EIAP, qui ne fait pas cette distinction, et regroupe douleurs conscientes et nociceptions non conscientes, susceptibles d'impliquer des bases neurales différentes. Le support neuro-anatomique de ce processus nociceptif reste inconnu à ce jour<sup>(33, 28)</sup>, bien que la réversibilité rapide des effets suggère l'implication de processus neuro-fonctionnels plus que lésionnels<sup>(44)</sup>.

### Conséquences thérapeutiques

Plusieurs auteurs suggèrent une prévalence considérable de cette nociception plantaire asymptomatique : 21 % de la population saine et 35 à 41 % chez les patients douloureux<sup>(22,23)</sup>, 66 % chez les enfants dyslexiques<sup>(47)</sup>, 39 % chez des sujets jeunes et sains<sup>(28, 44)</sup>.

Comme indiqué précédemment, plusieurs études cliniques (utilisant toutes la méthode de diagnostic clinique, contestable, des EIAP) suggèrent des corrélations entre la présence d'EIAP et différents symptômes<sup>(e.g. 35)</sup>, ou altérations posturales et sensori-motrices<sup>(48,49)</sup>. Nos résultats nuancent ces conclusions et suggèrent que la nociception plantaire doit être présente suffisamment longtemps pour produire des effets plus marqués sur ces différents aspects, notamment cliniques. Des expériences longitudinales complémentaires utilisant la méthode objective de diagnostic de l'IAP par le Quotient Plantaire sont donc nécessaires pour confirmer cette hypothèse.

Enfin, des études évaluant les méthodes thérapeutiques destinées à neutraliser cette nociception plantaire mériteraient d'être entreprises. Nos résultats démontrent que la mousse que nous avons utilisé permet de fonctionnaliser les afférences plantaires, confirmant la recommandation de Villeneuve<sup>(8,9)</sup>. Cependant cette mousse n'est pas adaptée à un usage thérapeutique (dans des se-

melles orthopédiques ou posturales). Quelques études montrent que l'utilisation d'inserts plantaires fins rétrocapitiaux permet de diminuer les pressions<sup>(50)</sup>, ou les forces<sup>(51)</sup> sous la première tête métatarsienne lors de la marche; mais il semble que ce ne soit pas le cas en statique<sup>(44)</sup>. Sachant que la physiopathologie supposée de l'IAP<sup>(33, 28)</sup> propose que la nociception soit liée à un excès de pression sous la première tête métatarsienne, les études podométriques précitées<sup>(50,51)</sup> suggèrent donc indirectement que l'utilisation de tels inserts plantaires permette de prendre en charge la cause de l'IAP, du moins lors de la marche. Des démonstrations directes seraient toutefois nécessaires pour établir clairement ces liens.

### Conclusion

En conclusion, les résultats de cette étude ne permettent pas de montrer que les sujets IAP sont plus instables que les SQPN, hormis sur le critère de Surface d'oscillations du CPP en condition de fixation visuelle, paramètre intervenant dans la classification des sujets. De même, les sujets IAP ne présentent pas un contrôle de la vergence de moins bonne qualité que les SQPN, contrairement à ce que nous attendions. Les deux premières hypothèses posées sont donc invalidées.

En revanche, l'étude des effets de la mousse montre que les sujets IAP présentent une stabilité paradoxalement améliorée lorsqu'ils se tiennent sur celle-ci, y compris sur les critères de Longueur et de Variance de Vitesse, alors que les SQPN sont rendus logiquement plus instables sur ces mêmes critères. Cela permet de répondre à la troisième question posée et confirme que l'IAP est bien liée à un processus nociceptif non conscient assimilable à la notion clinique d'Epine Irritative d'Appui Plantaire, comme le proposent également d'autres études<sup>(28, 44)</sup>. Enfin, ces résultats montrent que l'utilisation du QP sur une mousse telle que celle utilisée ici, avec une classification basée sur le seuil de 100, est un moyen simple, non invasif et fiable de diagnostic de l'IAP asymptomatique, ce qui pourrait avoir un intérêt curatif et préventif. En outre, ce quotient donne une valeur quantitative permettant d'apprécier la qualité de l'extéroception plantaire de manière plus fine que les tests cliniques.

### Implications pour la pratique

- L'inefficacité des Afférences Plantaires (IAP) asymptomatique semble liée à une nociception non consciente, confirmant la notion clinique d'Epine Irritative d'Appui Plantaire.
- Elle peut être objectivée par la méthode stabilométrique du Quotient Plantaire (QP) sur Dépron® 6mm.
- Cette mousse révèle des comportements posturaux différents entre les sujets IAP (QP<100) et les sujets au QP > 100 sur la Surface, la Longueur et la Variance de la Vitesse.
- De jeunes sujets sains IAP et des sujets au QP normal n'ont pas de différences de contrôle de la posture et de la vergence.
- Les sujets IAP utilisent moins leurs afférences plantaires pour le contrôle postural et oculomoteur.

## Contact

Arnaud Foisy  
arnaud.foisy@gmail.com

## Références

- Kavounoudias A, Roll R, Roll JP. Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation. *J Physiol*. 2001;1,532(Pt 3):869-78.
- Chiang JH, Wu G. The influence of foam surfaces on biomechanical variables contributing to postural control. *Gait & Posture*. 1997;5:239-245.
- Patel M, Fransson PA, Lush D, Gomez S. The effect of foam surface properties on postural stability assessment while standing. *Gait Posture*. 2008;28(4):649-56.
- Isableu B, Vuillerme N. Differential integration of kinaesthetic signals to postural control. *Exp Brain Res*. 2006;174:763-768.
- Yi Y, Park S. Effect of reduced cutaneous cues on motion perception and postural control. *Exp Brain Res*. 2009;195(3):361-9. doi: 10.1007/s00221-009-1796-3. Epub 2009 Apr 29.
- Bourdiol RJ, Capelus F, Tan H, Hatoum P. Pied et statique. Paris: Maisonneuve; 1980.
- Villeneuve P. Régulation du tonus postural par informations podales. *Revue de podologie*. 1989;49:54.
- Villeneuve P. Cinquième leçon de Posturologie. In: Gagey PM, Bizzo G, Bonnier L, Gentaz R, Guillaume P, Marucchi C. Les huit leçons de Posturologie. Paris: Association Française de Posturologie; 1990.
- Villeneuve P. Les traitements posturopodiques. In: Villeneuve P. Pied, équilibre et posture. Paris: Frison Roche; 1996.
- Villeneuve P, Villeneuve-Parpay S. Examen clinique postural. *Rev. Podologie*. 1991;59:37-43
- Faugouin A, Helbert S. Etude stabilométrique de l'élément du médio-tarse. In: Villeneuve P. Pied, équilibre et posture. Paris: Frison Roche; 1996.
- Janin M, Toussaint L. Change in center of pressure with stimulations via anterior orthotic devices. *Gait and Posture*. 2005;21: 879.
- Janin M, Dupui P. The effects of unilateral medial arch support stimulation on plantar pressure and center of pressure adjustment in young gymnasts. *Neuroscience Letters*. 2009;461:245-248.
- Garrigues B. Anomalies de la localisation spatiale visuelle chez l'enfant dyslexique. Etude préliminaire. In: Weber B., Villeneuve P. Posturologie clinique. Dysfonctions motrices et cognitives. Paris: Masson ; 2007.
- Desenne P, Schoenstein C. Etude préliminaire sur la modification du bilan orthopédique par stimulation plantaire. In: Villeneuve P. Pied, équilibre et posture. Paris: Frison Roche; 1996.
- Neycenssas C. Effet des orthèses plantaires à visée posturale sur le test de Maddox. La neutralisation des Epines Irritatives d'Appui Plantaire Inconscientes dans cette prise en charge du Syndrome de Déficience Posturale est-elle utile ? Mémoire, DU PATA. Université de Bourgogne. 2013.
- Martins-Lalanne C, Briecke G, Leclerc D, Delterre S. Les barres antérieures influencent elles le maddox postural chez l'enfant normolecteur et chez l'enfant dyslexique ? Mémoire, DU PATA. Université de Bourgogne. 2013.
- Foisy A, Gaertner C, Matheron E, Kapoula Z. Controlling Posture and Vergence Eye Movements in Quiet Stance: Effects of Thin Plantar Inserts. *PLoS One*. 2015;4;10(12):e0143693.
- Leigh R, Zee D. Vergence eye movements. In: Leigh RJ., Zee DS. The neurology of eye movements. Oxford University Press; 2006.
- Dujols A. Quotient plantaire et conflit visuo-podal. *Agressologie*. 1991;32:192-4.
- Gagey PM, Weber B. Posturologie; Régulation et dérèglements de la station debout. Paris: Elsevier Masson; 1995.
- Leporck AM, Villeneuve P. Les épines irritatives d'appui plantaire, objectivation clinique et stabilométrique. In: Villeneuve P. Pied, équilibre et posture. Paris: Frison Roche; 1996.
- Nouhet B, Villeneuve P. La comparaison des enregistrements stabilométriques sur sol dur et sur mousse est-elle utilisable en pratique clinique? In: Villeneuve P. Pied, équilibre et posture. Paris: Frison Roche; 1996.
- Weber B, Gagey PM. Modification des critères de stabilométrie par interposition d'une mousse entre sole plantaire et plateforme. In: Villeneuve P. Pied, équilibre et rachis. Paris: Frison Roche; 1998.
- Weber B, Nouhet B, Baudin B, Villeneuve-Parpay S, Villeneuve P. L'épaisseur d'une mousse dure entre sole plantaire et plate-forme modifie-t-elle certains critères du stabilogramme? In: Villeneuve P. Pied, équilibre et rachis. Paris: Frison Roche; 1998.
- Weber B, Nouhet B, Villeneuve-Parpay S. Examen clinique et stabilométrique sur mousse, état de la question. ? In: Villeneuve P. Weber B. Pied équilibre et mouvement. Paris: Masson; 2000.
- Weber B, Villeneuve P, Villeneuve-Parpay S. Epreuve posturodynamique chez le sujet sain. In: Lacour M. Contrôle postural pathologie et traitement, innovations et rééducation. Marseille: Solal, Coll. Posture et Equilibre; 2002.
- Foisy A, Kapoula Z. How Plantar Exteroceptive Efficiency Modulates Postural and Oculomotor Control: Inter-Individual Variability. *Front. Hum. Neurosci*. 2016;10:228.
- Erkelens CJ, Van der Steen J, Steinman RM, Collewijn H. Ocular vergence under natural conditions. I. Continuous changes of target distance along the median plane. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 1989;236(1285), 417-440.
- Tyler CW, Elsaid AM, Likova LT, Gill N, Nicholas SC. Analysis of human vergence dynamics. *J Vis*. 2012;12(11). pii: 21.
- Fujimoto C, Murofushi T, Sugawara K, Chihara Y, Ushio M, Yamasoba T, Iwasaki S. Assessment of postural stability using foam posturography at the chronic stage after acute unilateral peripheral vestibular dysfunction. *Otol Neurotol*. 2012;33(3):432-6.
- Okumura T, Horii A, Kitahara T, Imai T, Uno A, Osaki Y, Inohara H. Somatosensory shift of postural control in dizzy patients. *Acta Otolaryngol*. 2015;135(9):925-30.
- Janin M. Sensibilité et motricité podales : leur influence sur le contrôle des activités posturo-cinétiques de sujets sains et pathologiques. Thèse de Doctorat. Comportement, Langage, Éducation, Socialisation, Cognition, Université de Toulouse III. 2009.
- Missaoui B, Portero P, Bendaya S, Hanktie O, Thoumie P. Posture and equilibrium in orthopedic and rheumatologic diseases. *Neurophysiol Clin*. 2008;38:447-457.
- Foisy A. Quelles sont les conséquences des Epines Irritatives d'Appui Plantaire sur l'état de santé ? Mémoire d'ostéopathie, Collège Ostéopathique Européen, Paris, 2011.
- Pinsault N, Vuillerme N. Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance. *Med Eng Phys*. 200;931(2):276-86.
- Ruhe A, Fejer R, Walker B. On the relationship between pain intensity and postural sway in patients with non-specific neck pain. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2013;26(4):401-9.
- Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*. 1995;3:193-214.
- Weber B. Agression, médecine, maladie. *Agressologie*. 1964;5,1,3-5.
- Canguilhem G. Le normal et le pathologique. Paris: PUF; 1966.
- Harris AJ. Cortical origin of pathological pain. *The Lancet*. 1999;354:1464-1466.
- Dickey JP, Pierrynowski MR, Bednar DA, Yang SX. Relationship between pain and vertebral motion in chronic low-back pain subjects, *Clinical biomechanics*. 2002;17(5):345-352.
- Fitzpatrick R, McCloskey DI. Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *The Journal of physiology*. 1994;478(Pt1),173-86.
- Foisy A, Kapoula Z. Plantar Exteroceptive Inefficiency causes an asynergic use of plantar and visual afferents for postural control: Best means of remediation. *Brain Behav*. 2017;00:e00658.
- Nouhet B. Validation de l'épreuve posturodynamique : essais et premiers résultats. In: Lacour M. Posture et équilibre. Pathologies, vieillissement, stratégies, modélisation, Montpellier: Solal; 1997.
- Janin M. Quotient plantaire: capacité d'objectiver les épines irritatives d'appuis plantaires *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2016;46,4:263.
- Janin M. La répartition de l'Epine Irritative d'Appui Plantaire Inconsciente est-elle différente chez les enfants dyslexiques que chez les non dyslexiques? *Congrès APE (SOFPEL)*, 2012.
- Janin M, Dupui P. Epine irritative d'appui plantaire: posturographie et somesthésie plantaire. In: Borel L., Lacour M. Contrôle postural et représentation spatiale. De la neurobiologie à la clinique. Marseille: Solal; 2007.
- Janin M, Ceci LA, Parreira RB. Nociceptive capacity of plantar irritating stimulus reduction influences postural control in children, teenagers, and adults. *MTP Rehab Journal*. 2015;011,(13):97-115.
- Hayda R, Tremaine MD, Tremaine K, Banco S, Teed K. Effect of metatarsal pads and their positioning: a quantitative assessment. *Foot Ankle Int*. 1994;15(10):561-6.
- Janin M. Marche athlétique: modification des pressions plantaires par des éléments d'orthèse. *Cinésiologie*. 2002;203:13-4.





## Ergomètre



## Vélo couché



## Tapis de course



## Crosstrainer



## Machine à poulie & Functional Trainer



## Station de force



## PROMOTION

A la commande d'une table de thérapie, le tabouret + le coussin pour les genoux sont offerts!



Table MultiPro 3 avec tabouret (valeur 389.-) et coussin cylindrique fabriqué en Allemagne (valeur 29.-).

Nombreuses possibilités de financement ou de location, n'hésitez pas à nous contacter.

## APPEL À SOUMISSION PRIX SCIENTIFIQUE DE LA RELÈVE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DE THÉRAPIE MANUELLE (SAMT-SSTM)

Chères et chers collègues,

Dans le cadre du Congrès suisse de Médecine et de Thérapie manuelle, qui se déroulera à Interlaken **du jeudi 30 novembre au samedi 2 décembre 2017**, la Commission Scientifique (CS) de la SAMT-SSTM organise un **concours de poster scientifique**.

Ce concours est ouvert à **toutes et tous les physiothérapeutes** qui ont mené un travail scientifique en lien avec la médecine ou la thérapie manuelle, dans le cadre de leur travail de Bachelor, de leur travail de Master ou dans d'autres formations (CAS, DAS, MAS, MSc, PhD) lors des 24 derniers mois (depuis septembre 2015).

La commission scientifique de la SAMT-SSTM attend vos soumissions à l'aide du document «*Abstract Form*» que pouvez demander à A.-G. Mittaz-Hager et renvoyer, jusqu'au vendredi 20 octobre 2017 à l'adresse suivante : [annegabrielle.mittaz@hotmail.com](mailto:annegabrielle.mittaz@hotmail.com).

Les résumés reçus seront sélectionnés par les membres de la CS, sur la base de leur **originalité**, leur **caractère scientifique** et de leur **apport pour la pratique** de la médecine et de la thérapie manuelle.

Toutes les personnes qui ont soumis un poster seront avisées par courrier électronique du résultat de cette sélection avant le **vendredi 3 novembre 2017**.

Les auteurs des posters sélectionnés seront invités à remettre leur poster à l'ouverture du congrès, le **jeudi 30 novembre 2017**. Les posters sélectionnés seront affichés dans la salle «*Brunning*», au 1er étage du centre de congrès à Interlaken dès l'ouverture du congrès. Tous les participants au congrès pourront, dès ce moment, visiter les posters et les évaluer (jusqu'au vendredi 1er décembre à 12h00) à l'aide de «*Bulletin de vote pour les Posters*» à disposition dans la salle «*Brunning*». Les résultats des votes du public seront annoncés à la fin de l'Assemblée Générale de la SAMT-SSTM. Les lauréats y recevront leur prix d'une valeur de CHF 500.-.

Dans l'attente de vos envois, au nom de la commission scientifique de la SAMT-SSTM, nous vous présentons, chères et chers collègues, nos cordiales salutations.

# Echographie musculo-squelettique et pulmonaire : applications possibles pour le kinésithérapeute

## Musculoskeletal and lung ultrasound : possible applications for the physiotherapist

JOHAN WORMSER (PT)<sup>1</sup>, MARION LEMARINEL (PT, MSc)<sup>2</sup>, ANTHONY DEMONT (PT, MSc)<sup>2</sup>, AYMERIC LE NEINDRE (PT, MSc, PhDc)<sup>3-4</sup>

1 Service médecine intensive et réanimation, Groupe Hospitalier Paris Saint-Joseph, Paris, France

2 Cabinet Kinésithérapie Physio Impact, Paris, France

3 Service de kinésithérapie, Hôpital Forcilles, Férolles-Attilly, France

4 Université de Bourgogne, UMR1231, Dijon, France

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt pour cet article

---

### Keywords

Musculoskeletal ultrasound, lung ultrasound, decision-making process, physiotherapy, standards, recommendations.

---

### Abstract

**Introduction:** historically, the first uses of ultrasonic diagnosis in physiotherapy allowed the muscle function assessment with more accuracy than usual measurement tools. Now, diagnostic ultrasound is widely used in musculoskeletal physiotherapy and more recently in respiratory physiotherapy.

**Développement:** it is a precise, reproducible, non-invasive and radiation-free tool. Ultrasonic diagnosis may improve the physiotherapist's decision-making process, optimizing the choice of physiotherapy treatment and patient's response monitoring. This is an complementary tool for physiotherapists, improving the diagnostic accuracy of clinical examination.

**Discussion:** Improving the accuracy of the clinical examination by ultrasound could avoid excessive and unnecessary treatments. However, any systematic use of ultrasound by the

---

### Mots clés

Echographie musculo-squelettique, échographie pulmonaire, processus décisionnel, kinésithérapie, standards, recommandations

---

### Résumé

**Introduction:** historiquement, les premières utilisations de l'échographie en physiothérapie ont permis d'évaluer la fonction musculaire avec plus de précision que les outils de mesure habituels. Son utilisation s'est ensuite développée dans le domaine musculo-squelettique et plus récemment en physiothérapie respiratoire.

**Développement:** c'est un outil précis, reproductible, non invasif et non irradiant permettant d'améliorer le processus décisionnel du kinésithérapeute afin d'orienter le traitement et suivre l'évolution du patient. Il s'agit d'un outil complémentaire dans la réalisation du bilan diagnostique kinésithérapique.

**Discussion:** l'amélioration de la précision de l'examen clinique grâce à l'échographie pourrait éviter des traitements excessifs et inutiles. Cependant, toute utilisation systématique

physiotherapist is to be proscribed. The clinical examination must be given the priority. By monitoring the treatment with ultrasound images, the physiotherapist will be able to reorient the patient in the event of non-evolution of the pathology, thus optimizing the care of the patient.

Nevertheless, it is necessary to pay attention, as current studies does not seem to show correlations between ultrasound observations and the different stages of tendinopathy, especially in the Achilles tendon and rotator cuff tendons. Other studies on different tendons would thus be interesting.

**Conclusion:** However, ultrasound remains an operator dependant tool and its clinical application requires a supervised, advanced training as well as a strong background in anatomy and physiology of analyzed structures.

de l'échographie par le kinésithérapeute est à proscrire, c'est l'examen clinique qui doit primer.

En suivant son traitement à l'aide d'images échographiques, le kinésithérapeute pourra réorienter le patient en cas de non évolution de la pathologie, optimisant ainsi la prise en charge du patient.

Il faut néanmoins rester vigilant car certaines études actuelles ne semblent pas montrer de corrélation entre les observations échographiques et les différents stades de tendinopathie, notamment au niveau du tendon d'Achille et des tendons de la coiffe des rotateurs. D'autres études sur différents tendons seraient donc intéressantes.

**Conclusion:** l'échographie reste cependant un outil opérateur dépendant et son application clinique nécessite une formation encadrée et évaluée, ainsi que des bases solides en anatomie et physiologie de la structure analysée.



## Introduction

L'échographie s'est imposée, pour les physiothérapeutes, comme un moyen d'imagerie des tissus mous et des structures péri-articulaires durant ces vingt dernières années. Déjà utilisée depuis plusieurs années par les physiothérapeutes dans les pays anglo-américains comme le Canada, les Etats-Unis, le Royaume-Uni ou l'Australie, la pratique de l'échographie par des physiothérapeutes est beaucoup moins répandue dans la majorité des pays d'Europe. La France en est un bon exemple, puisqu'en 2015, le Conseil National de l'Ordre des Masseurs-Kinésithérapeutes a rendu un avis positif concernant l'habilitation du kinésithérapeute à la pratiquer dans le cadre de l'élaboration de son bilan diagnostique et de la mise en œuvre de ses traitements après avoir suivi une formation<sup>(1)</sup>.

Pourtant l'échographie musculo-squelettique permet au clinicien, en tant qu'outil de bilan précis et facilement accessible, de compléter son évaluation et d'améliorer l'élaboration de son plan de traitement<sup>(2)</sup>.

En pneumologie, son utilisation a été longtemps retardée par le fait que l'air empêche le passage des ultrasons, rendant a priori l'examen échographique du poumon non réalisable. Même si le scanner thoracique reste le gold-standard de l'analyse du parenchyme pulmonaire, l'échographie a démontré son excellente précision dans l'évaluation du statut respiratoire du patient en médecine intensive et d'urgence. Plus récemment, l'échographie a été proposée comme complément dans l'examen respiratoire du physiothérapeute<sup>(3)</sup>. Elle permet au clinicien de mieux définir l'indication du traitement respiratoire et de l'ajuster en temps réel si besoin<sup>(3)</sup>.

Il convient de distinguer l'échoscopie (prolongement de l'examen clinique dans le but de compléter un diagnostic clinique et d'en améliorer la stratégie thérapeutique) d'un véritable examen échographique nécessitant une durée minimale d'examen, la remise d'un compte-rendu, etc. Cette distinction est

uniquement retrouvée dans la littérature francophone alors que les termes fréquemment utilisés dans les articles internationaux sont: Ultrasonography, Sonography, Rehabilitative Ultrasound Imaging (RUSI) ou encore Diagnostic Ultrasound.

L'utilisation de l'échographie par le kinésithérapeute se fera alors en respectant la frontière avec le diagnostic médical. L'objectif du kinésithérapeute n'est pas d'identifier et de nommer une pathologie mais bien d'évaluer les déficiences de fonctions (musculaire, tendineuse, pulmonaire etc.) et d'en suivre l'évolution.

L'objectif de cet article est d'abord de faire un bref rappel du fonctionnement de l'échographie puis de comprendre ses intérêts et limites en rééducation et dans le cadre de la formulation de l'hypothèse clinique pour l'élaboration du plan de traitement. Il traitera ensuite des applications cliniques de l'échographie musculo-squelettique et thoraco-pulmonaire.

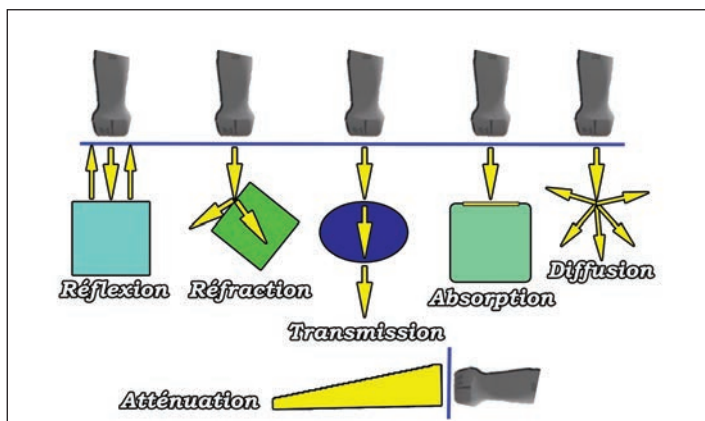
## 1) Les bases de l'échographie

### Construction de l'image échographique<sup>(4)</sup>

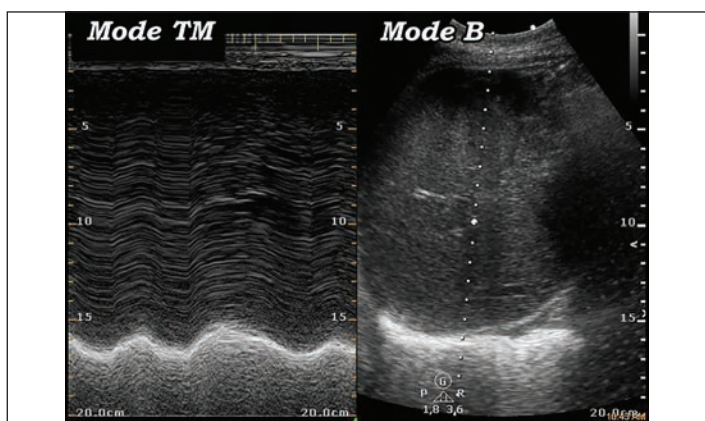
L'échographe est constitué d'un moniteur, d'une unité centrale et d'une sonde. La sonde est un émetteur-récepteur: les ultrasons sont émis à une fréquence supérieure à 20 000 Hz. Une fois émis, l'ultrason pénètre dans les tissus et se propage de proche en proche jusqu'à ce qu'il rencontre une structure. Chaque tissu possède sa propre résistance aux ultrasons (impédance acoustique) et va être le siège de différents phénomènes (Figure 1). La sonde va ensuite réceptionner une partie des rayons réfléchis, c'est ainsi que naît l'image échographique.

### Visualisation de l'image échographique

Pour décrire une image, la terminologie utilisée est simple<sup>(5)</sup>. Une structure hyperéchogène apparaît blanche: par exemple, la corticale osseuse réfléchit fortement les ultrasons ce qui ex-



› Figure 1 : phénomènes échographiques



› Figure 2 : les deux mondes échographiques les plus utilisés. A gauche de l'image, le mode TM pour temps/mouvement. A droite de l'image, le B ou «brightness» (brillance/luminosité).

plique que l'on observe une hyperéchogénéicité. Une structure anéchogène apparaît noire : aucune ultrason n'est réfléchi vers la sonde, la totalité des ultrasons sont transmis par le milieu (ex. épanchement pleural).

L'artefact d'anisotropie, qui survient lorsque le faisceau ultrasonore n'est pas perpendiculaire à l'axe d'une structure anatomique (ex. un tendon dans le plan axial ou parallèle à lui dans le plan longitudinal) est une source potentielle d'erreur d'interprétation en donnant de fausses images hypoéchogènes<sup>(6)</sup>.

Trois modes échographiques sont utilisés. Le mode B permet de visualiser en deux dimensions la structure observée. Le mode M ou temps/mouvements va permettre de visualiser les déplacements des structures dans le temps sous la sonde (Figure 2). Le mode doppler permet de visualiser les flux sanguins.

### Choix de la sonde

Le choix de la sonde se fera en fonction de la profondeur de la zone à inspecter. Ainsi, pour des tissus superficiels, il faudra utiliser une sonde linéaire. C'est une sonde à haute fréquence qui a une meilleure résolution en superficie mais qui devient inadéquate pour les explorations profondes compte tenu d'une grande atténuation. Cette sonde pourra par exemple être utilisée pour l'exploration des tendons de l'épaule.

Pour des tissus plus profonds, il faudra utiliser une sonde convexe à basse fréquence avec une faible atténuation en pro-



› Figure 3 : le matériel échographique

La sonde linéaire, haute fréquence pour l'étude des tissus superficiels, La sonde convexe, basse fréquence pour l'étude des tissus profonds.

fondeur : mais sa précision sera plus faible. Cette sonde pourra être utilisée pour l'exploration pulmonaire.

Enfin, chaque sonde possède une surface de contact différente permettant d'explorer des zones larges ou plus étroites : une sonde linéaire à surface plane paraît idéale pour explorer un tendon d'Achille, une sonde convexe pourra être trop large pour se positionner dans un espace intercostal sans être gêné par les côtes (Figure 3).

## 2) Intérêt pour le physiothérapeute

L'échographie présente plusieurs avantages pour le physiothérapeute : elle permet de compléter le bilan kinésithérapique et de suivre l'évolution de la pathologie au cours du traitement. Elle peut également être utilisée en tant qu'outil de biofeedback pour le patient, facilitant par exemple la visualisation d'une contraction musculaire<sup>(7)</sup>. De plus, c'est une technique non invasive et non irradiante pour le patient.

Cependant, la principale difficulté de son utilisation repose sur la relation étroite entre la qualité du résultat obtenu à l'échographie et la pratique de l'opérateur (niveau de formation, respect des standards de pratique et des conventions,...)<sup>(8)</sup>. La qualité de l'image et son interprétation dépendent donc de la compétence de l'évaluateur mais aussi du choix de la sonde et du matériel échographique qui doit être adapté aux structures analysées.

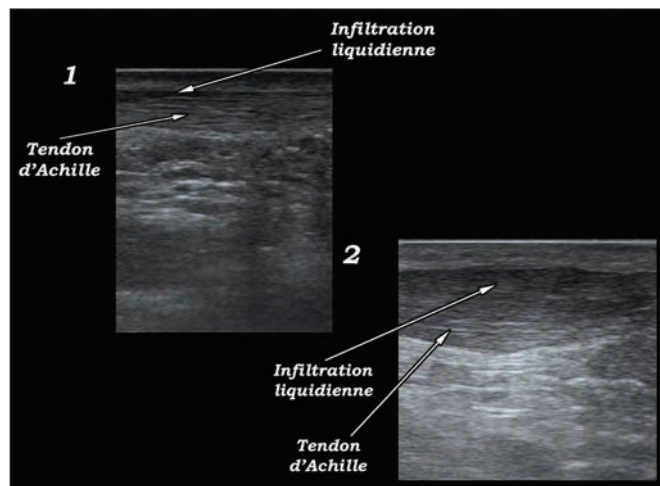
### L'échographie, un outil d'évaluation ?

Avant de débuter tout traitement, le kinésithérapeute a besoin d'évaluer et d'analyser les déficiences présentes chez le patient qui vont être responsables de la symptomatologie.

Mais avant tout, il est important de commencer par clarifier le lien entre le kinésithérapeute et l'échographie à visée de diagnostic. Dans les pays où le kinésithérapeute est assujéti à une prescription médicale (France, Belgique etc...), ce dernier n'est pas habilité à poser un diagnostic suite à son examen échographique, il sera réalisé par le médecin. Malgré tout, le kinésithérapeute intègre parfaitement l'échographie aux outils d'évaluation qu'il possède déjà dans le but de compléter et d'améliorer son bilan kinésithérapique.

En effet, la capacité de l'échographie à évaluer de manière dynamique les différentes structures anatomiques (articulaires et musculaires et principalement) permet d'objectiver certains tests du bilan kinésithérapique, mais aussi d'évaluer le stade et la chronicité de certaines pathologies. Dans le champ musculo-squelettique, elle permet par exemple d'identifier les différents stades d'une tendinopathie (Tableau 1)<sup>(9)</sup> et d'en surveiller son évolution (Figure 4)<sup>(9)</sup>.

En kinésithérapie respiratoire, la construction de l'arbre décisionnel se fait par l'observation du patient, l'utilisation d'outils tels que l'auscultation et l'interprétation de l'imagerie (radio et scanner) ainsi que d'autres examens paracliniques (gaz du sang, EFR...). De ces outils, les plus utilisés en pratique courante par les kinésithérapeutes sont l'auscultation et la radiographie. Pourtant, ces deux examens ont une précision diagnostic faible<sup>(10)</sup>. En effet, dans le cadre d'un épanchement pleural, la sensibilité de l'auscultation est seulement de 42 % contre 92 % pour l'échographie<sup>(10)</sup>. En présence d'une consolidation, la sensibilité de l'auscultation et de la radiographie sont de 8 % et 68 % respectivement, contre 93 % pour l'échographie<sup>(10)</sup>. L'échographie semble donc être un outil tout à fait adapté au processus décisionnel : c'est un outil précis, reproductible et facilement utilisable au cours de l'examen clinique du patient. Lors du bilan initial, elle va permettre au thérapeute de confirmer ou d'infirmer une ou plusieurs hypothèses cliniques.



> Figure 4 : échographie du tendon d'Achille  
 1. Image de tendinopathie réactive du tendon d'Achille  
 2. Image de tendinopathie dégénérative du tendon d'Achille

### L'échographie, un outil de suivi de traitement ?

Il est nécessaire pour le kinésithérapeute de s'assurer que le traitement proposé est le plus efficace possible tout au long de la rééducation. Pour cela, il doit pouvoir réévaluer facilement et de manière optimale le patient à plusieurs stades de la rééducation. Le kinésithérapeute pourra s'appuyer sur l'échographie afin de réévaluer régulièrement son patient, en comparant ses résultats avec son bilan initial. Il pourra alors réorienter le patient, si besoin, vers un médecin ou améliorer sa prise en charge pour rester toujours le plus adapté possible au stade de la pathologie. De même, le kinésithérapeute pourra lors du bilan final objectiver les effets de sa rééducation.

Par exemple, face à une atélectasie, comment être certain que le traitement est efficace ? L'échographie va pouvoir répondre à cette question et les images visualisées vont permettre d'évaluer la ré-aération du poumon et d'adapter le traitement si besoin<sup>(3)</sup>.

L'échographie va donc permettre d'objectiver l'effet d'un traitement, de l'adapter si besoin, voire de l'interrompre s'il est inutile.

### L'échographie, un outil à visé de biofeedback ?

Dans le champ musculo-squelettique, l'échographie en temps réel permet de donner un retour visuel de l'activité musculaire. Actuellement, elle est principalement utilisée dans la rééducation des muscles multifides, du muscle transverse de l'abdomen ou des muscles du plancher pelvien<sup>(4)</sup>.

Le biofeedback permet au patient de voir sur l'écran le changement de forme et d'épaisseur du muscle lorsque celui-ci est contracté. Il va pouvoir visualiser si sa contraction musculaire déclenche ou non une réponse adaptée, facilitant ainsi la compréhension et la reproductibilité du mouvement par le patient<sup>(7)</sup>.

Prenons l'exemple du muscle transverse de l'abdomen, actuellement de nombreuses études ont mis en évidence le lien étroit entre la présence d'une lombalgie chronique et le retard d'activation de ce muscle chez des sujets pathologiques comparativement aux sujets sains<sup>(11)</sup>. Il est donc important pour le kinésithérapeute d'avoir à sa disposition des outils fiables et

	Tendinopathie réactive	Tendon remanié	Tendinopathie dégénérative
Mécanisme d'apparition	Réponse du tendon suite à une rapide augmentation de la charge ou à un traumatisme direct sur le tendon.	Si le tendon continue de subir un excès de charge, le tendon réactionnel commencera à dégénérer.	Réponse du tendon à une surcharge chronique
Conséquence pour le tendon	Structure du tendon intact avec des changements infimes au niveau de l'intégrité du collagène. C'est un processus réversible.	Atteinte similaire au stade précédent mais la structure commence à changer avec une plus grande dégradation de la matrice.	Multiples changements structuraux qui diminuent la résistance du tendon à la charge. Celui-ci peut apparaître épais, noduleux et présente des risques de rupture lors de dégénérescences avancées.

> Tableau 1 : stades d'atteinte du tendon

reproductibles afin d'évaluer l'activation et la section d'épaississement du transverse de l'abdomen. Habituellement, c'est la manœuvre de creusement abdominal (« abdominal drawing-in maneuver » ou ADIM) qui est la plus utilisée pour évaluer cliniquement la capacité d'activation et l'épaississement du muscle transverse<sup>(12)</sup>. Cette manœuvre associée à l'échographie permet de mesurer parfaitement l'épaississement du muscle, objectiver son retard ou non d'activation et observer les compensations musculaires éventuelles (Figure 5).

Il n'existe à ce jour pas de littérature sur la pratique de l'échographie à visée biofeedback dans le domaine respiratoire. Cependant, son utilisation pourrait être envisagée pour visualiser l'activité du diaphragme et faciliter ainsi la respiration abdomino-diaphragmatique.

### 3) Application et spécificité de l'échographie musculo-squelettique

La mise en application de l'échographie dans le domaine musculo-squelettique se fait principalement lors de l'évaluation initiale. L'exemple de l'épaule semble intéressant car il s'agit d'un complexe souvent difficile à évaluer de par son anatomie et sa biomécanique, et très fréquemment sujet aux douleurs. Environ 70 % des douleurs d'épaule sont liées à une atteinte de la coiffe des rotateurs<sup>(13)</sup>.

L'ensemble des tests standardisés des tendons de la coiffe des rotateurs semblent pouvoir être réalisés sous échographie afin de visualiser en temps réel l'harmonie du glissement des tendons et l'existence d'un éventuel conflit et ainsi corroborer les résultats obtenus lors de l'évaluation initiale<sup>(14)</sup>. Toutefois, l'utilisation de l'échographie dans le cadre des troubles de l'épaule est de plus en plus corrélée aux erreurs d'interprétation en présence de patients asymptomatiques<sup>(15)</sup>. Les résultats échographiques doivent donc être étudiés systématiquement en rapport avec l'hypothèse clinique formulée à la suite de l'examen clinique et celle-ci ramenée dans le contexte clinique du patient pour que ces résultats puissent avoir de la valeur. Il est impératif aussi de comparer les images obtenues avec le côté considéré comme sain.

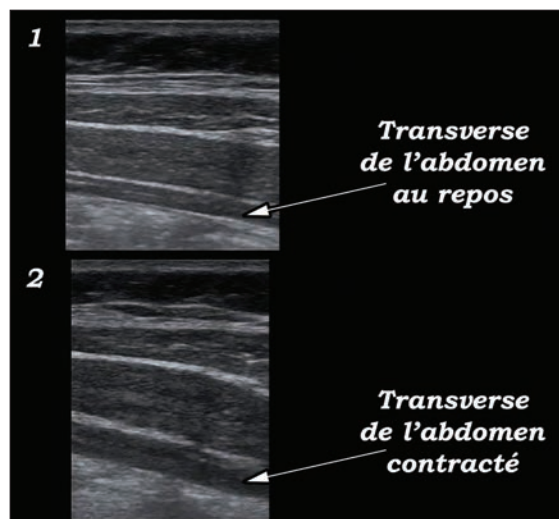


Figure 5 : image du transverse de l'abdomen

1. Image du muscle transverse de l'abdomen au repos
2. Image du muscle transverse de l'abdomen lors d'une contraction volontaire

Ces observations échographiques pourront servir tout au long de la prise en charge kinésithérapique comme base de comparaison afin de pouvoir déterminer avec précision si le plan de traitement mis en place est adapté ou non.

Ceci est valable pour toutes les atteintes non tendineuses. En effet, les différents stades de tendinopathie ne semblent pas à l'heure actuelle systématiquement corrélable avec les observations échographiques<sup>(16)</sup>. Ceci a été particulièrement étudié pour le tendon d'Achille ainsi que les tendons de la coiffe des rotateurs. Les atteintes tendineuses des autres tendons et leur faible corrélation avec l'échographie ne semblent pas encore démontrées.

Lors du bilan intermédiaire, l'évaluation échographique permet d'objectiver l'évolution ou non de la pathologie du patient indirectement lié au traitement proposé et à l'évolution naturelle de la symptomatologie

L'échographie en temps réel est actuellement utilisée pour fournir un biofeedback de l'activation musculaire lors de la réalisation d'une tâche par le patient. L'utilisation de l'échographie biofeedback a permis de montrer une amélioration de l'apprentissage du patient quant à la réalisation d'une tâche fonctionnelle volontaire et automatique après répétition de plusieurs séances.

### 4) Application et spécificité de l'échographie respiratoire

Des recommandations de bonnes pratiques de l'échographie pulmonaire ont été récemment publiées et décrivent les standards d'examen d'analyse des signes<sup>(17)</sup>.

#### Comment procéder pour analyser le poumon

Pour examiner le poumon, il est recommandé de diviser chaque héli-thorax en 3 régions : antérieure, latérale et postérieure. Chaque zone étant elle-même subdivisée en 2 zones supérieure et inférieure. La sonde est alors posée perpendiculairement à la paroi thoracique dans un espace intercostal et de façon à examiner chacune des 12 zones<sup>(17,18)</sup>. L'exploration de base se fait avec la sonde orientée selon un axe cranio-caudal.

#### Les principales images à connaître

Les ultrasons ne sont pas transmis à travers le poumon normalement aéré (l'air empêche la propagation des ultrasons)<sup>(19)</sup>. Ainsi, l'échographie pulmonaire réside essentiellement dans l'analyse des artefacts produits depuis la ligne pleurale.

#### Analyse du poumon sain<sup>(20)</sup>

L'échographie du poumon normale laisse apparaître trois images : le signe de la chauve-souris, les lignes A et le glissement pleural.

En positionnant la sonde dans un espace intercostal, le 1<sup>er</sup> signe visible en mode B est celui de la « chauve-souris » : au centre, l'image hyperéchogène de la ligne pleurale. Elle est entourée par les côtes, leur bord supérieur apparaissant comme une

ligne hyperéchogène avec en regard une bande anéchogène : il faudra toujours rechercher cette image pour commencer l'examen car toutes les autres images en découlent.

En mode B, un poumon normalement aéré va associer (Figure 6):

- Les lignes A: elles sont un artefact hyperéchogène de répétition de la ligne pleurale, apparaissant en dessous de celle-ci. Il peut exister des différences entre les individus, en effet il est présent chez 96 % des moins de 55 ans et présent chez 6 % des plus de 65 ans<sup>(21)</sup>.
- Le glissement pleural : la ligne hyperéchogène de la plèvre apparaît mobile avec la respiration, régulière et scintillante dans l'espace intercostale. Cette image est effacée par le cône anéchogène généré par les côtes.

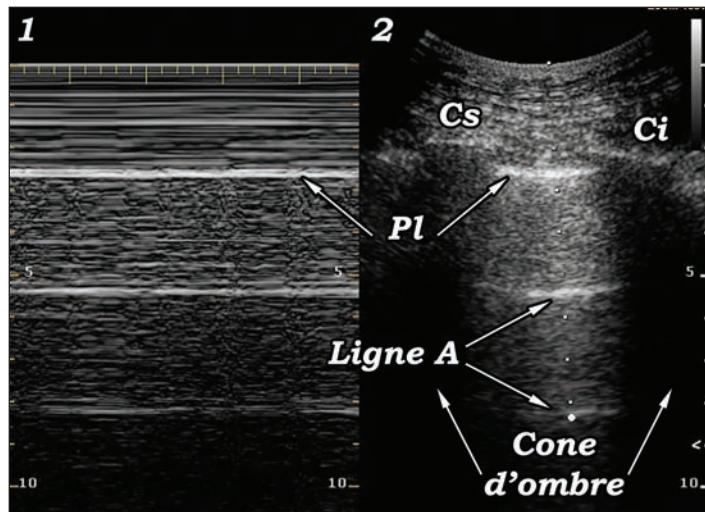
En mode TM, le glissement pleural est visualisé comme l'image du signe du bord de mer (Figure 6). En effet, les tissus cutanés immobiles lors de la respiration donnent cet aspect linéaire. Tandis qu'à partir de la ligne pleurale, la mobilité lors des mouvements respiratoires apparaît « sablé ». La présence de cette image permet d'éliminer un pneumothorax<sup>(17)</sup>.

**Les images pathologiques:**

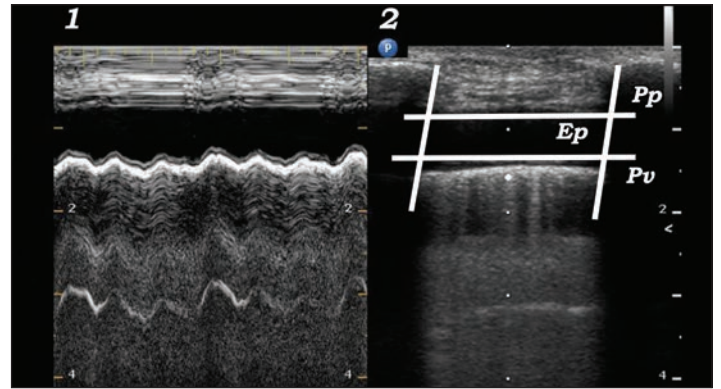
*L'épanchement pleural<sup>(20)</sup>:*

Les liquides produisent une image anéchogène à l'échographie. Ainsi, en présence d'un épanchement pleural, la plèvre viscérale et pariétale apparaissent distinctement et forment le signe du dièse: de haut en bas, sont retrouvés, l'image de la plèvre pariétale dans l'espace intercostal, l'aspect anéchogène du liquide, la plèvre viscérale au contact du parenchyme pulmonaire (Figure 7). Le tout étant bordé de chaque côté par les ombres anéchogènes générés par les côtes.

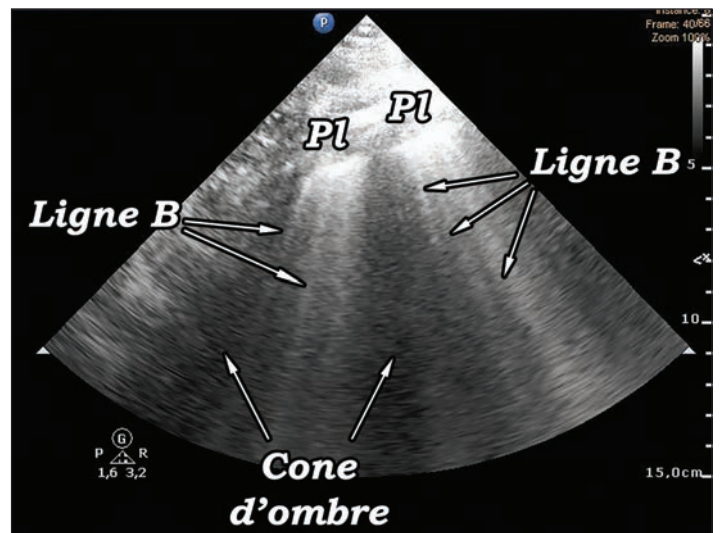
La plèvre viscérale en contact avec le poumon, va être mobilisée lors des mouvements respiratoires. Ce mouvement est responsable du signe de la sinusoïde, visible en mode TM.



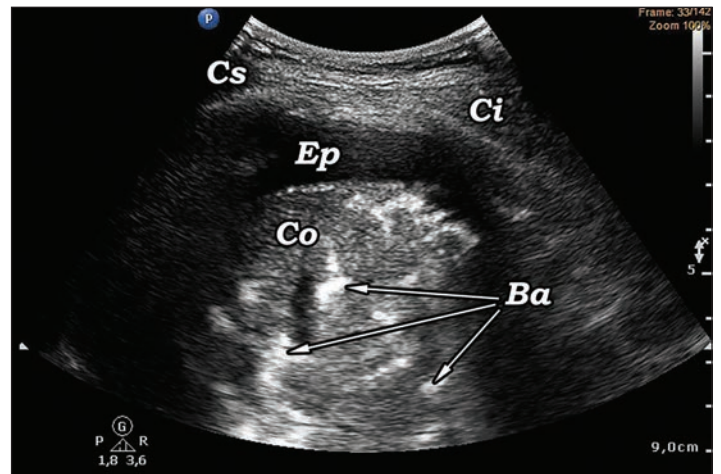
> Figure 6: image du poumon sain  
Légendes: Cs = côte supérieur, Ci = côte inférieure, Pl = plèvre  
1. Signe du bord de mer.  
2. Le signe de la chauve-souris.



> Figure 7: image d'un épanchement pleural  
Légendes: Pp = plèvre pariétale, Pv = plèvre viscérale, Ep = épanchement  
1. Le signe de la sinusoïde: il est généré par les mouvements de la plèvre viscérale à la respiration  
2. Le signe du dièse. Délimité par les ombres costales et les plèvres.



> Figure 8: lignes B / Légendes: Pl = plèvre1.  
Les lignes B, naissent de la ligne pleurale et continuent jusqu'en bas de l'écran, le tout en effaçant les lignes A.



> Figure 9: poumon consolidé  
Légendes: Cs = côte supérieure, Ci = côte inférieure, Co = consolidation, Ba = bronchogramme aérique, Ep = épanchement.  
La perte d'aération du poumon est visualisée et donne cet aspect tissulaire (proche de l'aspect du foie)



### L'aération pulmonaire et ligne B:

Les lignes B (Figure 8), sont des artéfacts verticaux générés depuis la ligne pleurale, effaçant les lignes A et continuant sans s'épuiser jusqu'au bas de l'image. Elles sont générées par l'interface air/eau dans le poumon et sont retrouvées dans le syndrome alvéolo-interstitiel : plus leur nombre est important plus l'atteinte est sévère<sup>(17,22)</sup>. Enfin, leur présence permet d'exclure le pneumothorax sur la région explorée<sup>(17)</sup>.

La perte totale d'aération du poumon est visualisée par l'apparition d'une image « hépatisée » du parenchyme pulmonaire. L'aspect tissulaire (Figure 9) observé est le reflet d'une consolidation pulmonaire qui peut avoir plusieurs causes (atélectasie, pneumopathie...). L'échographie va permettre de déterminer la cause de la consolidation<sup>(17)</sup>.

### Les applications en kinésithérapie respiratoire

L'objectif du kinésithérapeute:

- éliminer un pneumothorax,
- distinguer l'épanchement pleural de la consolidation pulmonaire,
- objectiver l'amélioration de l'aération pulmonaire.

En présence d'un patient hypoxémique, dont l'examen clinique retrouve en regard d'une base pulmonaire à la fois une diminution du murmure vésiculaire et une matité à la percussion, il existe plusieurs hypothèses cliniques : la présence d'une consolidation et/ou d'un épanchement pleural. Le kinésithérapeute pourra s'appuyer sur la radiographie qui peut révéler une opacité, mais le processus décisionnel débouche alors sur une impasse. L'échographie est toute indiquée dans cette situation et va pouvoir distinguer avec précision l'épanchement pleural de la consolidation pulmonaire<sup>(10)</sup>.

Dans le cas d'un épanchement pleural ou d'une atélectasie passive (mécanisme d'origine compressif via un épanchement pleural), le kinésithérapeute devra réorienter le patient vers un médecin afin qu'il puisse évaluer la nécessité ou non de mettre en place un traitement.

Dans le cas d'une consolidation, le kinésithérapeute devra dans un premier temps distinguer la nature de celle-ci : pneumopathie, atélectasie obstructive ou compressive (voir paragraphe précédent), etc...

La présence d'images hyperéchogènes punctiformes ou tubulaires au sein de la consolidation correspond au bronchogramme aérique : il caractérise des bronches remplies d'air. Ce bronchogramme peut être dynamique résultant du mouvement de l'air pendant la respiration comme pour une pneumopathie. Le bronchogramme aérique dynamique permet d'exclure l'atélectasie : il signifie l'absence de nature rétractile au sein consolidation et donc de l'obstruction des bronches<sup>(23)</sup>. Le bronchogramme peut être également statique lorsque l'air est piégé, c'est le cas dans les atélectasies. Enfin, la présence d'un bronchogramme liquidien au sein de la consolidation, reflète le comblement des bronches par du liquide ou des sécrétions<sup>(24)</sup>.

En fonction des images visualisées et de la clinique du patient, le kinésithérapeute proposera un traitement adapté à la situation. D'après les recommandations de l'ERS et L'ESICM, le kinésithérapeute pourra proposer<sup>(25)</sup>:

- Des manœuvres d'hyperinflation et de positionnement en présence d'une atélectasie obstructive,
- Une ventilation en pression positive en présence d'une pneumopathie,
- Des techniques d'aide à la toux en présence d'un bronchogramme liquidien et d'un déficit de la toux.

Pour finir, le suivi échographique de la consolidation va permettre de surveiller son évolution et donc d'évaluer l'efficacité du traitement proposé. La diminution de la taille de la consolidation, la diminution du bronchogramme aérique et l'apparition de lignes B sont des indicateurs de l'amélioration de l'aération pulmonaire<sup>(26)</sup>.

### Discussion

L'échographie permet de contribuer à l'amélioration du processus décisionnel du kinésithérapeute, de monitorer et d'ajuster la stratégie thérapeutique mise en place selon l'hypothèse clinique formulée à la suite de l'examen clinique. Elle paraît donc tout indiquée pour s'intégrer comme outil complémentaire à disposition du kinésithérapeute en médecine hospitalière comme en médecine de ville.

L'échographie ne présente pas de contre-indications particulières. Néanmoins, sa mise en pratique présente quelques limites qu'il ne faut pas oublier. Tout d'abord, elle nécessite un examinateur formé à son utilisation et dont les connaissances de la région et des variations anatomiques inter-individuelles à explorer sont solides. L'examineur devra alors respecter les standards et recommandations décrits dans la littérature. Dans le cas contraire, la précision, la reproductibilité et la qualité de l'examen pourront être affectées (mauvais choix de sonde, erreur de positionnement et d'interprétation des résultats obtenus, etc...). Dès lors que ces standards sont respectés, l'échographie présente peu de limites<sup>(4)</sup>. Néanmoins, certaines situations peuvent altérer la diffusion des ondes ultrasonores : la surcharge pondérale, l'œdème et les pansements sur la zone à explorer en sont quelques exemples.

L'échographie pulmonaire permet, en dehors des pathologies ne touchant pas la plèvre, de visualiser la plupart des déficiences affectant le parenchyme et les plèvres<sup>(18)</sup>. Elle permettra de répondre à des hypothèses cliniques formulées au cours du processus de décision clinique. Cependant, son utilisation systématique par le kinésithérapeute est à proscrire, notamment chez les patients hospitalisés en réanimation, car elle pourrait conduire à traiter des signes échographiques cliniquement non pertinents<sup>(27)</sup>.

Dans le domaine musculo-squelettique l'utilisation de l'échographie permet d'identifier des modifications anatomiques jugées comme pathologiques. Mais de nombreuses études montrent qu'il n'existe pas nécessairement de lien entre les signes échographiques anormaux et leurs rôles dans la reproduction des douleurs du patient. En effet, ces études mettent

en avant le nombre d'erreur d'interprétation en présence de sujets asymptomatiques et en particulier pour des dysfonctions de l'épaule <sup>(15)</sup>.

Il semble donc important de ne pas se baser uniquement sur les observations faites lors d'un examen d'imagerie, mais de mettre en corrélation les anomalies retrouvées à l'échographie avec les résultats obtenus grâce aux tests couramment utilisés en rééducation ainsi qu'à l'anamnèse réalisée au préalable. Pour l'épaule, il faut avant tout se baser sur la clinique et non sur l'imagerie pour élaborer un plan de traitement <sup>(28)</sup>.

Les applications qui sont décrites dans cet article ne sont en aucun cas exhaustives. Par exemple, l'évaluation des muscles du plancher pelvien par l'échographie a également été décrite dans la littérature <sup>(4)</sup>. L'utilisation de l'échographie musculo-squelettique en rééducation périnéale paraît donc tout à fait pertinent (évaluation et outil de biofeedback).

Enfin, l'utilisation de l'échographie peut également être envisagée comme outil d'exploration des muscles respiratoires et notamment du diaphragme <sup>(29,30)</sup>. D'autant plus que l'évaluation de ce dernier est souvent compliquée : outils de mesure invasifs, coûteux ou alors non électifs au diaphragme <sup>(31)</sup>. Elle peut alors être utilisée pour évaluer l'efficacité d'une rééducation à type de renforcement des muscles inspiratoires <sup>(3)</sup>.

## Conclusion

L'échographie possède toutes les caractéristiques pour devenir un outil complémentaire à l'évaluation et au traitement des kinésithérapeutes.

A ce jour, l'utilisation de l'échographie pulmonaire s'effectue principalement en médecine d'urgence et réanimation. Son application en pratique courante pourrait très bien s'étendre à l'ensemble des services hospitaliers nécessitant de la kinésithérapie respiratoire et également en kinésithérapie de ville où l'accès à l'imagerie est d'autant plus difficile. Pour le domaine musculo-squelettique son application en pratique courante se fait aussi bien en service hospitalier qu'en cabinet de ville. Cependant, encore peu de kinésithérapeutes sont équipés car l'achat d'un échographe reste onéreux.

Pour finir, la pratique de l'échographie nécessite des connaissances suffisantes et le respect des standards décrits dans la littérature. L'exemple des pays anglo-saxons et notamment de l'Australie montre que l'échographie est largement utilisée en pratique courante. Une enquête recense en effet plus de 60 % des physiothérapeutes comme ayant reçu une formation en échographie <sup>(32)</sup>.

## Implications pour la pratique

- L'échographie est utilisée afin d'affiner les hypothèses initiales dans le but d'établir un plan de traitement le plus adapté et précis possible
- Un monitoring en temps réel des dysfonctions va permettre au kinésithérapeute d'adapter son traitement voire de l'interrompre en fonction de l'évolution des images échographiques

## Contact

Aymeric Le Neindre  
Kinésithérapeute, doctorant  
Service de kinésithérapie  
Hôpital Forcilles  
Route de Servon  
77150 Férolles-Attilly, France

Université de Bourgogne,  
UMR1231  
21000 Dijon, France

Mail : [aymeric.leneindre@gmail.com](mailto:aymeric.leneindre@gmail.com)

## Références

1. Conseil national de l'Ordre des masseurs-kinésithérapeutes. Avis du Conseil national de l'Ordre du 27 mars 2015 relatif à l'échographie. Sect Déontol 2015 Mars;27:1.
2. Marques A, Bruton A, Barney A. Clinically useful outcome measures for physiotherapy airway clearance techniques: a review. *Phys Ther Rev.* 2006 1;11(4):299-307.
3. Le Neindre A, Mongodi S, Philippart F, Bouhemad B. Thoracic ultrasound: Potential new tool for physiotherapists in respiratory management. A narrative review. *J Crit Care.* 2016;31(1):101-9.
4. Whittaker JL, Teyhen DS, Elliott JM, Cook K, Langevin HM, Dahl HH, et al. Rehabilitative ultrasound imaging: understanding the technology and its applications. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007;37(8):434-49.
5. Le Neindre A, Lebreton M, Wormser J. L'échographie pulmonaire : principes de base et perspectives d'utilisation en kinésithérapie respiratoire. *Kinésithér Scient* 2015;(571):41-7.
6. Taljanovic MS, Melville DM, Scalcione LR, Gimber LH, Lorenz EJ, Witte RS. Artifacts in musculoskeletal ultrasonography. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2014;18(1):3-11.
7. Van K, Hides JA, Richardson CA. The use of real-time ultrasound imaging for biofeedback of lumbar multifidus muscle contraction in healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;36(12):920-5.
8. American College of Radiology (ACR), Society for Pediatric Radiology (SPR), Society of Radiologists in Ultrasound (SRU). AIUM practice guideline for the performance of a musculoskeletal ultrasound examination. *J Ultrasound Med Off J Am Inst Ultrasound Med.* 2012;31(9):1473-88.
9. Cook JL, Purdam CR. Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2009;43(6):409-16.
10. Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, Cluzel P, Grenier P, Rouby J-J. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology.* 2004;100(1):9-15.
11. Hodges PW, Richardson CA. Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. *J Spinal Disord.* 1998;11(1):46-56.
12. Richardson C. Therapeutic Exercise for Spinal Segmental Stabilization in Low Back Pain: Scientific Basis and Clinical Approach. Churchill Livingstone; 1999. 191 p.
13. Dias D, Matos M, Daltro C, Guimarães A. Clinical and functional profile of patients with the Painful Shoulder Syndrome (PSS). *Ortop Traumatol Rehabil.* 2008;10(6):547-53.
14. Allen GM. Shoulder ultrasound imaging-integrating anatomy, biomechanics and disease processes. *Eur J Radiol.* 2008;68(1):137-46.
15. Girish G, Lobo LG, Jacobson JA, Morag Y, Miller B, Jamadar DA. Ultrasound of the shoulder: asymptomatic findings in men. *AJR Am J Roentgenol.* 2011;197(4):W713-9.
16. Khan K, Forster B, Robinson J, Cheong Y, Louis L, Maclean L, et al. Are ultrasound and magnetic resonance imaging of value in assessment of Achilles tendon disorders? A two year prospective study. *Br J Sports Med.* 2003;37(2):149-53.
17. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* 2012;38(4):577-91.
18. Lichtenstein DA, Lascols N, Mezière G, Gepner A. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med.* 2004;30(2):276-81.
19. Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby J-J. Clinical review: Bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit Care Lond Engl.* 2007;11(1):205.
20. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. *Ann Intensive Care.* 2014 9;4(1):1.

21. Chiesa AM, Ciccarese F, Gardelli G, Regina UM, Feletti F, Bacchi Reggiani ML, et al. Sonography of the normal lung: Comparison between young and elderly subjects. *J Clin Ultrasound JCU*. 2014 15;
22. Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, Gepner A, Barré O. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156(5):1640-6.
23. Lichtenstein D, Mézière G, Seitz J. The dynamic air bronchogram. A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest*. 2009;135(6):1421-5.
24. Reissig A, Copetti R, Mathis G, Mempel C, Schuler A, Zechner P, et al. Lung ultrasound in the diagnosis and follow-up of community-acquired pneumonia: a prospective, multicenter, diagnostic accuracy study. *Chest*. 2012;142(4):965-72.
25. Gosselink R, Bott J, Johnson M, Dean E, Nava S, Norrenberg M, et al. Physiotherapy for adult patients with critical illness: recommendations of the European Respiratory Society and European Society of Intensive Care Medicine Task Force on Physiotherapy for Critically Ill Patients. *Intensive Care Med*. 2008;34(7):1188-99.
26. Elia F, Verhovez A, Molino P, Ferrari G, Aprà F. Lung ultrasound in the reexpansion of pulmonary atelectasis. *Intern Emerg Med*. 2011;6(5):461-3.
27. Xirouchaki N, Kondili E, Prinianakis G, Malliotakis P, Georgopoulos D. Impact of lung ultrasound on clinical decision making in critically ill patients. *Intensive Care Med*. 2014;40(1):57-65.
28. Milgrom C, Schaffler M, Gilbert S, van Holsbeeck M. Rotator-cuff changes in asymptomatic adults. The effect of age, hand dominance and gender. *J Bone Joint Surg Br*. 1995;77(2):296-8.
29. Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. *Chest*. 2009;135(2):391-400.
30. Lerolle N, Diehl J-L. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic function. *Crit Care Med*. 2011;39(12):2760-1.
31. Caruso P, de Albuquerque ALP, Santana PV, Cardenas LZ, Ferreira JG, Prina E, et al. Diagnostic methods to assess inspiratory and expiratory muscle strength. *J Bras Pneumol*. 2015;41(2):110-23.
32. McKiernan S, Chiarelli P, Warren-Forward H. A survey of diagnostic ultrasound within the physiotherapy profession for the design of future training tools. *Radiography*. 2011 1;17(2):121-5.

## À REMETTRE Cabinet de Physiothérapie

Rue de la Boulangerie 2  
1337 **Vallorbe**

Rez, accessible en chaise roulante

Convient pour 1 ou 2 physiothérapeutes

### Situation :

Au centre du village de Vallorbe –  
4000 habitants – bassin versant de plus  
de 6000 habitants. Actuellement seul cabinet installé depuis  
plus de 30 ans. Voisin sur le même palier d'un cabinet  
médical occupé par 3 médecins. Vallorbe compte  
actuellement 6 médecins généralistes-internistes installés.

### Matériel :

Tables de soins électriques, cryothérapie hyperbare,  
pressothérapie, table de traction Triton Chattanooga,  
électrothérapie classique réactualisée. 3 salles de soins  
équipées. **Clientèle de plus de 30 ans.**

Cabinet informatisé, programme Ginphys actualisé.

### Reprise à discuter

Loyer mensuel de Fr. 1400.– charges comprises  
1 place de parc Fr. 40.– par mois. Places patients en zones  
blanches et bleues à proximité immédiate.

**Contact et renseignements : michel.helfer@bluewin.ch**



**Médical & Esthétique**  
à votre service depuis plus de 20 ans



## Pressothérapie

Drainage Lymphatique

Oedèmes-lymphoedèmes-Phlèboedèmes

Problèmes circulatoires

Rééducation fonctionnelle

Prévention de la thrombose et séquelles de phlébite

Récupération post-chirurgicale



## Table Atlas Expert VI



**4 moteurs  
la table de physio  
par excellence**

www.soutra.swiss / 076 363 35 70

TENDINOPATHIES DE L'EPAULE ET DU COUDE, DYSKINESIES DE LA SCAPULA, EPAULES INSTABLES

# SCAPULEO



NEVER STOP PERFORMING



SCAPULEO : SOLUTIONS POUR L'EPAULE  
[www.europhyseo.com](http://www.europhyseo.com)

EUROPHYSEO



Photo non contractuelle

PLUS D'EFFICACITÉ PROUVÉE - PLUS DE RÉSULTATS DURABLES - PLUS DE PATIENTS SATISFAITS

**Nuque crispée**  
2013 : accident de voiture

**Migraines**  
2015 : stress - divorce

## FORMATION EN ORTHOKINÉSIE

DE L'ANALYSE AUX TRAITEMENTS POSTURAUX ORTHO-DYNAMIQUES

Cette méthode thérapeutique, enseignée à maintes reprises, a bouleversé la pratique de nombreux thérapeutes à travers le monde. Elle remet en question de nombreux préjugés culturels et thérapeutiques qui concernent tout un chacun, sportifs et non sportifs, enfants et adultes.

L'Orthokinésie est une thérapie proprioceptive posturale et dynamique qui aborde : analyse biomécanique, thérapie manuelle dans le mouvement lésionnel, rééducation KINE Posturale Ortho-Dynamique (avec sangles élastiques), rééducations actives : maxillo-faciale, oculaire et podale, chaussures, orthèses (actives, passives, proprioceptives...)

**Hanches et genoux douloureux**  
2004 : rupture des croisés - football

**Dos fragile**  
2002 : hernie discale  
chute à vélo



**Cheville instable**  
2007 : entorse dans les bois

**Pieds douloureux**  
1997 : épines calcanéennes

**À chaque posture son histoire... Récrivez celle de vos patients !**

2 MODULES DE 4 JOURS

ACCREDITÉ PHYSIOSWISS  
CHAVANNES DE BOGIS

2017 : **MODULE 1** : 28-29-30 SEPT. & 1<sup>ER</sup> OCT. • **MODULE 2** : 2-3-4-5 NOV.  
2018 : **MODULE 1** : 26-27-28-29 AVR. • **MODULE 2** : 31 MAI & 1-2-3 JUIN

Infos & inscriptions: [secretariat@orthokinesie.com](mailto:secretariat@orthokinesie.com) • [www.orthokinesie.com](http://www.orthokinesie.com)



ORTHOKINÉSIE  
INTERNATIONAL ACADEMY

# Evaluation des effets de l'activité physique sur le système lymphatique de patientes avec lymphœdème secondaire à une chirurgie de cancer du sein

## Effects of physical activity on the lymphatic system of patients with secondary lymphoedema following breast cancer surgery

ROMAIN BARBIEUX (PT MSc)<sup>1,4</sup>, JULIE REDAWAY (PT (PT, MSc))<sup>2</sup>, PAULINE DE BACKER (PT MSc)<sup>2</sup>, CAROLINE THOMAS<sup>2</sup> (PT MSc), MIRELA MARIANA ROMAN (MD)<sup>1</sup>, OLIVIER LEDUC (PT PhD)<sup>2</sup>, ALBERT LEDUC (PT PhD)<sup>3</sup>, PIERRE BOURGEOIS (MD PhD)<sup>1</sup>, STEVEN PROVYN (PT PhD)<sup>4</sup>

- 1 Department of Nuclear Medicine and Multi-disciplinary Clinic-Unit of Lymphology, Institut Jules Bordet, Université Libre de Bruxelles, Belgique,
- 2 Lympho-phlebology Unit, Department of Occupational and Environmental Physiology, Haute Ecole Paul-Henri Spaak, (HE2B), Brussels, Belgique
- 3 Université Libre de Bruxelles-Vrije Universiteit Brussel
- 4 Anatomical Research and Clinical studies, Vrije Universiteit Brussel

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt en relation avec cet article

### Keywords

Lymphedema, physical activity, lymphoscintigraphy, lymphatic drainage, physical treatment, physiotherapy

### Mots clés

Lymphœdème, activité physique, lymphoscintigraphie, drainage lymphatique, traitement physique, physiothérapie

### Abstract

**Introduction:** A good practice of physical activity has shown numerous benefits for the patients during and after treatment for breast cancer. However, in the case of lymphedema, physical activity has not been recommended until recently. The purpose of this study is to observe the effects of physical activity on the lymphatic system in patients with a breast cancer related lymphedema (BCRL).

**Methods:** 3 phased lymphoscintigraphy exams of both upper limbs of 122 patients with unilateral BCRL were analyzed using evaluation criteria for lymphatic flow, development of collaterals and their extension towards the root of the limb.

**Results:** In 0.8% of cases, the axillary (Ax) lymphatic nodes (LNs) are seen in phase 1 (after 30 minutes in resting condi-

### Résumé

**Introduction:** l'activité physique pratiquée de manière adéquate a montré de nombreux effets bénéfiques pendant et après le traitement de patientes atteintes du cancer du sein. Toutefois, dans le cas du lymphœdème l'activité physique a longtemps été déconseillée. Le but de l'étude est d'observer les effets de l'activité physique sur le système lymphatique de patientes ayant développé un lymphœdème secondaire suite à une chirurgie du cancer du sein (LSCS).

**Méthodes:** les images des 3 phases d'examen lymphoscintigraphiques des deux membres supérieurs chez 122 patientes avec LSCS unilatéral ont été analysées en utilisant des critères d'évaluation du flux lymphatique, du développement de collatérales lymphatiques et de l'extension de celles-ci jusqu'à la racine du membre.

tions) vs. 27 % of cases in phase 2 (after 15 minutes of exercise) and 65 % of cases in phase 3 (after one hour of normal activities). In 58 % of cases, lymphatic collaterals (dermal backflow or particular LNs) are seen in phase 2 vs. 75 % in phase 3. The collaterals are extended to the axilla in 17 % of cases in phase 2 vs. 46 % in phase 3.

**Discussion:** under certain conditions, maintaining a light level of physical activity could improve the lymphatic drainage in the lymphoedematous limb of patients with a BCLR.

**Conclusion:** the lymphatic flow, the development of collaterals and the extension of those collaterals seem to be increased by physical activity.

**Résultats:** dans 0.8 % des cas, les ganglions (Ggs) lymphatiques axillaires (Ax) sont visibles en phase 1 (après 30 minutes au repos) contre 27 % en phase 2 (après 15 minutes d'exercices) et 65 % en phase 3 (après une heure d'activité normale). Dans 58 % des cas, des collatérales lymphatiques (collatéralisations dermiques superficielles (CDS) ou Ggs lymphatiques particuliers) sont visibles en phase 2 contre 75 % en phase 3. Les patientes développent dans 17 % des cas des collatérales rejoignant le creux Ax en phase 2 contre 46 % en phase 3.

**Discussion:** pour les patientes développant un LSCS, maintenir un certain niveau d'activité physique pourrait être bénéfique dans certaines conditions pour le drainage lymphatique du membre supérieur.

**Conclusion:** le flux lymphatique, le développement de collatérales et l'extension de ces collatérales semblent augmenter avec l'activité physique.



## Introduction

Chaque jour, plus d'un million de cancers du sein sont dépistés à travers le monde. Selon l'European Cancer Observatory, le cancer avec la plus haute incidence et le plus haut taux de mortalité chez la femme en Europe en 2012 est le cancer du sein. La Belgique se situe en tête des pays d'Europe en terme d'incidence avec plus de 10.337 nouveaux cas par an calculés en 2012, soit une fréquence de 147 nouveaux cas diagnostiqués par an pour 100.000 femmes. Son traitement se fait principalement via un acte chirurgical consistant en une ablation de la tumeur (tumorectomie) ou une ablation du sein (mastectomie), combiné ou non à de la radiothérapie et/ou chimiothérapie. Grâce à de nombreuses campagnes d'information et de dépistage ainsi qu'à un traitement chirurgical à faible morbidité, le cancer du sein est devenu une maladie bien prise en charge. Malheureusement certaines complications comme le lymphœdème du membre supérieur (LMS) restent possibles et peuvent être une conséquence de la chirurgie d'adénectomie totale ou partielle associée à la chirurgie de cancer du sein. Celui-ci peut se développer suite à l'interruption de la circulation lymphatique, avec accumulation de liquide interstitiel au sein de l'espace extracellulaire entraînant une augmentation du volume du membre supérieur. Le lymphœdème peut occasionner une diminution de la fonction du membre, de la mobilité ainsi que l'apparition de paresthésies<sup>(1-4)</sup> diminuant de ce fait la qualité de vie de la patiente<sup>(5)</sup>. Selon Loudon<sup>(6)</sup>, le LMS reste la complication majeure après traitement du cancer du sein avec une incidence qui varie de 6 % à 30 %, plus de 20 % selon *Di Sipio*<sup>(1)</sup> et 20,7 % dans les cas de curage selon l'étude de *Clark*<sup>(7)</sup>.

Le traitement physique du lymphœdème propose au physiothérapeute un arsenal de techniques à la fois thérapeutiques et préventives dans le but d'améliorer le drainage de la zone œdémateuse: le drainage lymphatique manuel (DLM), la pose de bandages multicouches (BMC), la pressothérapie (PT), les soins de la peau et la pose de compressions élastiques sont

les techniques les plus souvent proposées<sup>(8-13)</sup> et actuellement, plusieurs auteurs suggèrent, en parallèle, la pratique de l'activité physique<sup>(14-18)</sup>. Cette dernière aurait une incidence positive sur plusieurs aspects de la vie des patientes tels que: réduire la fatigue liée aux traitements<sup>(19-21)</sup>, améliorer la qualité de vie<sup>(14,19)</sup> ou encore diminuer les récurrences des cancers du sein<sup>(22,23)</sup>. Cependant, le traitement du lymphœdème par des exercices physiques reste controversé. Les anciennes recommandations visaient à limiter l'utilisation du membre affecté<sup>(24,25)</sup> comme pour *Johansson*<sup>(26)</sup> qui montre après des exercices, contre résistance à faible intensité, une augmentation importante et immédiate du volume du membre supérieur mais disparaissant après 24 h. De leur côté, *Lane* et ses collègues<sup>(27)</sup> ont comparé l'effet du repos et de l'exercice physique (12 séries de 2.5min ergocycle à bras) sur la fonction lymphatique de patientes opérées d'un cancer du sein et d'un groupe contrôle par le biais de la lymphoscintigraphie. Il en ressort que l'extraction des colloïdes radioactifs au point d'injection est similaire entre les femmes souffrant de lymphœdème et le groupe contrôle signifiant donc que ces patientes présentent un drainage jusqu'au creux axillaire (Ax) plus faible et une activité lymphatique au niveau des avant-bras plus importante à travers les collatéralisations dermiques superficielles (CDS). L'étude montre que, d'une part, l'exercice n'a pas clairement augmenté le transport des produits radio-pharmaceutiques vers le creux Ax et d'autre part, a montré un reflux dans les lymphatiques dermiques ainsi qu'une augmentation du lymphœdème. Pour sa part, *Cheifetz* conseille aux personnes présentant un œdème ou à risque de lymphœdème, de ne pas pratiquer d'activités intenses ou d'exercices, avec le bras du côté opéré, afin de réduire le risque de générer ou d'augmenter le lymphœdème<sup>(25)</sup>. Toutefois certains auteurs sont favorables à la pratique de l'exercice physique, prônant que réaliser des exercices physiques spécifiques tout en ayant une approche contrôlée et adaptée aux patientes dans un bon encadrement ne provoquerait pas une augmentation du volume du membre mais une diminution du risque d'œdème ou une amélioration des symptômes de celui-ci<sup>(28-31)</sup>. Ainsi, le *National Lymphedema Network* and The

*International Society of Lymphology* conseillent une thérapie décongestive complète incluant du DLM, le soin de la peau, l'éducation de la patiente et surtout l'exercice physique avec BMC (32,33). Malgré ces recommandations et la littérature existante, l'effet de l'activité physique sur la fonction lymphatique reste méconnu.

Cette étude rétrospective a donc pour but d'évaluer l'impact de l'activité physique sur la fonction lymphatique. Pour ce faire nous avons eu recours à des examens lymphoscintigraphiques en trois phases chez 122 patientes ayant bénéficié d'un curage Ax et présentant un LMS. L'analyse se focalisera sur chaque phase séparément, la première correspondant à une phase de repos, la deuxième à une phase d'activité modérée et la troisième à une phase d'activité plus globale et d'une durée d'une heure.

## Méthodes

Pour cette étude, les examens lymphoscintigraphiques de 122 patientes de 30 à 87 ans réalisés à l'institut Bordet-Bruxelles ont été analysés (Tableau 1). Pour être incluses dans l'étude, les patientes devaient présenter au moins un des signes cliniques évoquant un œdème combiné à un antécédent de chirurgie de tumorectomie ou mastectomie avec adénectomie axillaire partielle ou totale justifiant un examen par lymphoscintigraphie. Les signes cliniques de lymphœdème évalués sont les suivants :

- œdème apparent ou objectivé par méthode périmétrique au mètre ruban. L'œdème est objectivé lorsque la somme des périmétries du membre supérieur œdémateux est égale ou supérieure à 5% de la somme des périmétries du membre supérieur non œdémateux.
- signe du godet positif.
- organisation pileuse anormale, anarchique.
- aspect de la peau anormal (tension, épaissement, couleur)
- sensation d'étranglement asymétrique des vêtements
- de lourdeur du bras
- sensation de gonflement du bras

Tableau de population	
Nombre de cas	122
lymphoedème membre supérieur gauche	51
lymphoedème membre supérieur droit	71
Âge moyen	58 ± 14
Nombre moyen de ganglions réséqués	15,86 ± 6,56

› Tableau 1 : caractéristiques de la population

Aucune différence n'a été faite concernant l'ethnie, le caractère social de la patiente, la latéralité ou l'ancienneté du lymphœdème. Le but de cette étude étant d'objectiver les effets de l'activité physique sur le drainage lymphatique de membres supérieurs œdémateux, aucune analyse n'a été réalisée pour objectiver les différences entre les membres supérieurs sains et œdémateux. Les patientes étaient exclues de l'étude si elles étaient enceintes, allaitantes, devant s'occuper de manière intensive d'un ou de plusieurs enfants en bas âge ou présentant un œdème bilatérale des membres supérieurs. Toutes utilisations des dossiers et examens cliniques ont été réalisés en

accord avec les règles de conduite dictées par la direction de l'institution et en accord avec la commission d'éthique de l'*Institut Jules Bordet* (numéro de comité d'éthique 2048). Chaque examen lymphoscintigraphique a été réalisé par le même observateur selon le protocole d'investigation lymphoscintigraphique des membres supérieurs reconnu par l'Institut National d'Assurance Maladie Invalidité (INAMI). Les sujets se placent au repos en décubitus dorsal. Une injection hypodermique de 0,2ml de nanocolloïdes d'albumine humaine marquées au 99m-Technétium est réalisée au niveau du premier espace interdigital de chaque main, ceci dans le but de pouvoir comparer cliniquement le drainage lymphatique de chaque membre. La phase 1 correspond à 30 minutes de repos en décubitus dorsal; la phase 2 correspond à un exercice de flexion-extension des doigts et une rotation du pouce pendant 15 minutes en décubitus dorsal; et enfin, la phase 3 correspond à une heure d'activité où il est demandé à la patiente d'effectuer une série d'exercices de mobilisations mettant en mouvement l'ensemble des membres supérieurs (sans présence de contentions ou de compressions). Ces exercices ont pour but de rappeler les gestes de la vie quotidienne sans provoquer de douleur ou de fatigue trop intense. Voici un exemple :

1. Membres supérieurs le long du corps, flexion des coudes pour toucher les épaules suivie d'un retour membre supérieur le long du corps.
2. Bras le long du corps, abduction des membres supérieurs en amplitude maximale suivi d'un retour bras le long du corps.
3. Membres supérieurs tendus 90° d'abduction et de flexion de l'épaule. Fermeture et ouverture alternée des mains.
4. Face à un mur, mains en contact avec celui-ci, la patiente avance les mains alternativement vers le haut tout en restant le dos bien droit. Une fois arrivé le plus haut possible, la patiente descend les mains de la même manière puis recommence l'exercice.
5. Mouvement de la nage brasse avec les membres supérieurs. Exercice d'une durée d'une minute.
6. Une fois chaque exercice effectué, la patiente recommence le cycle autant de fois que nécessaire pour combler l'heure d'activité.

Les différentes phases correspondent donc respectivement à une phase de repos, une phase d'exercices modérés dont le but est une activité physique légère à vue de massage de la zone d'injection et une phase d'exercices plus globaux dont le but est une activité physique plus importante rappelant les mouvements de la vie quotidienne.

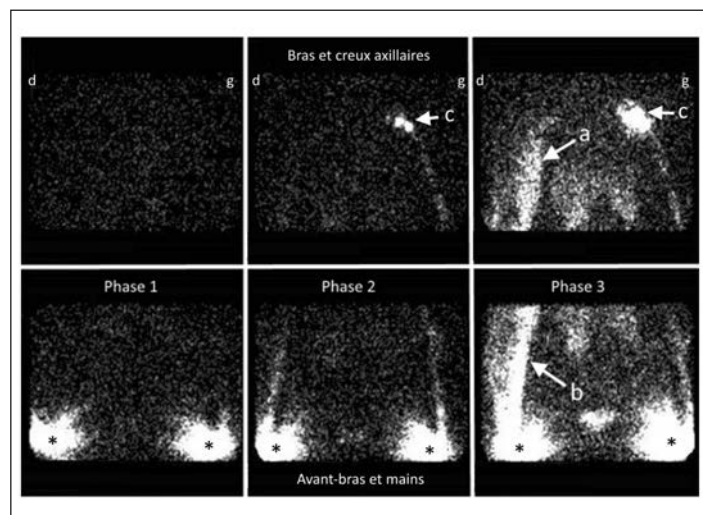
A chaque fin de phase, des imageries statiques sont réalisées. L'ensemble de ces images donnent des informations morphologiques et physiologiques sur le système lymphatique des patientes pour les deux membres supérieurs.

Les données de cette étude ont été récoltées de manière rétrospective suite à l'examen lymphoscintigraphique de 122 pa-

tientes. Les données ont ensuite été traitées et mises sous la forme d'un tableau. Une première évaluation a été faite pour comparer entre le bras œdémateux et le bras sain, les pourcentages d'extraction du radiotracer depuis le site d'injection. Ensuite, les critères lymphoscintigraphiques, définis ci-dessous, ont permis d'évaluer l'impact de l'activité physique sur la fonction lymphatique :

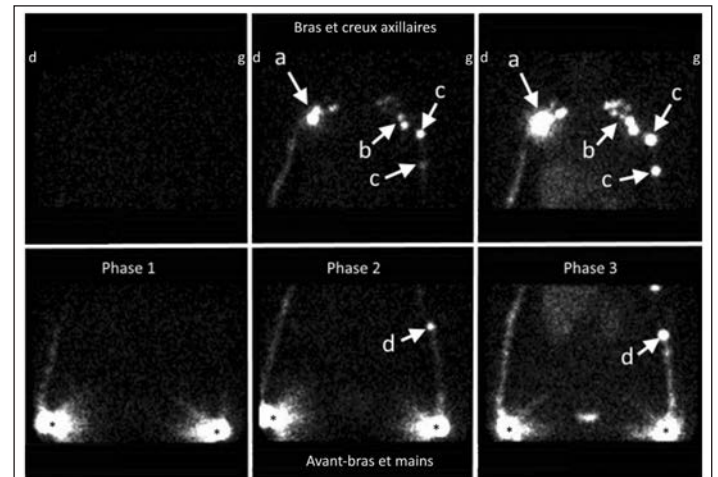
- A. Le pourcentage d'extraction du traceur au point d'injection pour le membre œdémateux et le membre sain. C'est une donnée chiffrée en pourcentage qui est calculée en fin d'examen lymphoscintigraphique et qui permet d'évaluer le drainage de la zone d'injection par le système lymphatique.
- B. Le délai de visualisation des ganglions axillaires (Ggs Ax) du côté sain et du côté pathologique aux 3 différentes phases.
- C. La présence ou non de collatéralisations lymphatiques au niveau des membres sains et pathologiques durant les 3 différentes phases. Ces collatéralisations peuvent apparaître sous deux formes: soit des CDS (Figure 1), soit des Ggs particuliers (Figure 2) comme des Ggs antébrachiaux, brachiaux ou huméraux traduisant une vascularisation lymphatique profonde inhabituellement visible après injection superficielle des marqueurs.
- D. La progression du traceur dans les vaisseaux lymphatiques et les collatérales lymphatiques à direction du creux axillaire en fonction de la phase de lymphoscintigraphie.

Une subdivision du membre supérieur est alors réalisée afin de faciliter l'analyse des données (Tableau 2) permettant une évaluation moyenne du drainage lymphatique des patientes en fonction de la phase lymphoscintigraphique. Un test t de



> Figure 1 : imageries lymphoscintigraphiques bilatérale en 3 phases d'une patiente présentant un lymphoedème du membre supérieur droit (d) où une collatéralisation dermique superficielle est observable en fin de phase 3 au niveau de l'avant-bras (b) jusqu'à la racine du membre (a). Ici la cotation de la collatéralisation dermique superficielle est donc de 5/5. Les sites d'injection (\*) sont repérables sur les imageries des avant-bras et mains ainsi que les ganglions axillaires (c) du membre supérieur gauche (g) sur les imageries des bras et creux axillaires en phase 2 et 3.

student pairé est réalisé pour comparer le pourcentage d'extraction du membre supérieur sain avec celui du membre supérieur œdémateux. Des tests statistiques de  $(\chi^2)$  (2) ont été réalisés dans les analyses des tables de contingence pour observer les dépendances possibles entre les différentes variables et l'augmentation de l'activité physique au cours des différentes phases. Ces variables sont au nombre de trois : l'apparition des Ggs Ax, l'apparition de collatérales et la progression du traceur dans celles-ci vers la racine du membre.



> Figure 2 : imageries lymphoscintigraphiques en 3 phases d'une patiente présentant un lymphoedème du membre supérieur gauche (g). Si du côté du membre sain (d), il est possible d'observer seulement des ganglions axillaires (a) sur les imageries des bras et creux axillaires en phase 2 et 3, du côté pathologique (g), toutes les imageries en phase 2 et 3 montrent des structures ganglionnaires évoquant des collatéralisations : présence à la racine du membre de ganglions axillaires et ganglions dans le sillon delto-pectoral évoquant une voie de Mascagni (b), des ganglions huméraux profonds au niveau du bras (c) et un ganglion épitrochléen au niveau du coude (d). Ici la cotation de la collatéralisation via réseau profond est donc de 5/5.

Cotations	VL	CDS
0/5	Aucun visible	Aucun visible
1/5	Jusqu'au poignet	Jusqu'au poignet
2/5	Jusqu'à l'avant-bras	Jusqu'à l'avant-bras
3/5	Jusqu'au coude	Jusqu'au coude
4/5	Jusqu'au bras	Jusqu'au bras
5/5	Jusqu'au creux axillaire	Jusqu'à la racine du membre

> Tableau 2 : Système de cotation permettant l'évaluation et l'analyse des données lymphoscintigraphiques en fonction de la progression du radiotracer dans les vaisseaux lymphatiques (VL) et les collatéralisations dermiques superficielles (CDS) du membre supérieur (MS)

## Résultats

### Comparaison des pourcentages d'extraction

L'analyse du pourcentage d'extraction moyen montre une différence très hautement significative ( $p$ -value < 0.0001) entre le membre supérieur œdémateux ( $9.9\% \pm 5.9\%$ ) et le membre supérieur sain ( $13.7\% \pm 5.4\%$ ) suite à un test t de student pairé. Ces résultats permettent de mettre en évidence



qu'en moyenne le drainage du site d'injection du membre œdémateux est plus faible que celui du membre sain. Lors de l'examen clinique, nous considérons qu'un membre est pathologique du point de vue du pourcentage d'extraction lorsque celui-ci est inférieur à 8 %<sup>(34)</sup>. Considérant ce paramètre, il devient possible de calculer la sensibilité et la spécificité du test d'analyse du pourcentage d'extraction. Nous obtenons ainsi une sensibilité relativement basse (35 %) comparé à une spécificité très élevée (92 %).

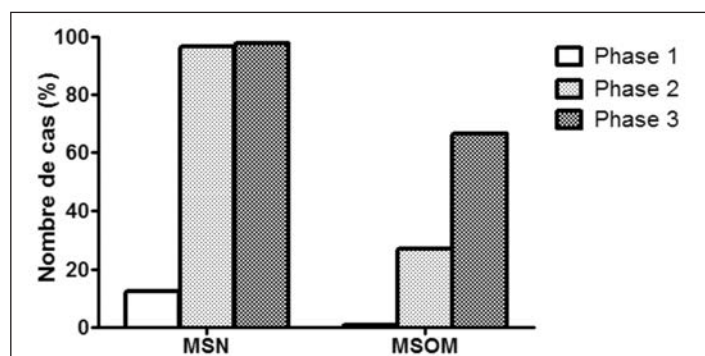
### Progression du traceur lymphatique jusque dans les ganglions axillaires

L'observation des Ggs Ax en fonction de la phase et du membre supérieur montre que ceux-ci apparaissent dans 12% des cas (15 sur 122) du côté du membre supérieur non œdémateux (MSN) et dans moins de 1% des cas (1 sur 122) du côté du membre supérieur œdémateux (MSOM) en fin de phase 1. En fin de phase 2, les Ggs Ax sont observables dans 96% des cas (118 sur 122) du côté du MSN et dans 27 % (33 sur 122) des cas du côté du MSOM. En fin de phase 3, les Ggs Ax sont observables dans 97 % des cas (119 sur 122) du côté du MSN et dans 66 % (81 sur 122) des cas du côté du MSOM. Le test de  $\chi^2$  (Tableau 3) montre que l'apparition de Ggs lymphatiques sur les imageries du MSN et du MSOM dépend de la phase de lymphoscintigraphie de manière extrêmement significative ( $p$ -value < 0.0001). Ces résultats témoignent donc d'une augmentation du flux lymphatique en direction de la racine du membre avec l'augmentation de l'activité physique. (Figure 3)

	Phase 1	Phase 2	Phase 3
MSN	15	118	119
MSOM	1	33	81

$p$  value  $\chi^2 < 0,0001$ \*\*\*

> Tableau 3: progression du radiotracer jusque dans les ganglions axillaires pour le membre supérieur sain (MSN) et pour le membre supérieur œdémateux (MSOM) en fonction de la phase lymphoscintigraphique. Le test de Chi carré indique une dépendance très hautement significative.



> Figure 3: apparition des ganglions axillaires en fonction de la phase de lymphoscintigraphie pour les membres supérieurs sains (MSN) et les membres supérieurs pathologiques (MSOM).

### Apparition des collatérales lymphatiques

L'observation de l'apparition des collatérales lymphatiques du MSOM en fonction des phases montre que celles-ci sont absentes à la phase 1 mais sont présentes dans 58 % des cas (71 sur 122) à la phase 2 et dans 75 % des cas (91 sur 122) en fin de la phase 3. Le test de  $\chi^2$  (tableau 4) montre que l'apparition des collatérales lymphatiques sur les imageries du MSOM dépend de la phase de lymphoscintigraphie de manière significative ( $p$ -value < 0.0109). Ces résultats témoignent donc d'une augmentation de la mise en charge des collatérales lymphatiques avec l'augmentation de l'activité physique. (Figure 4)

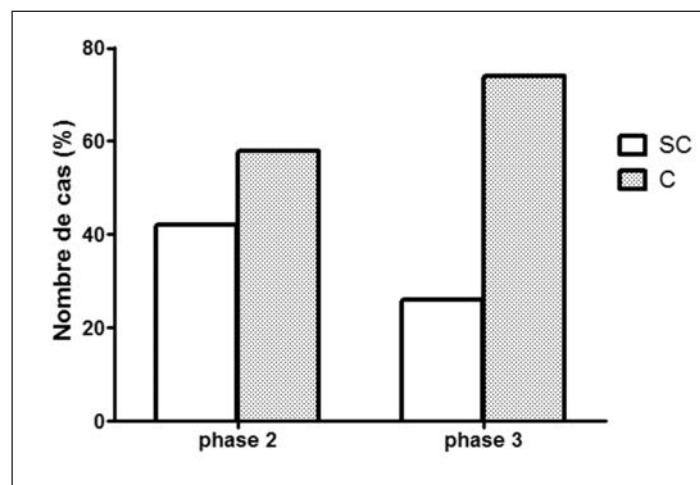
### Extension des collatérales lymphatiques

L'observation de l'extension des collatérales lymphatiques du MSOM en fonction des phases montre que celles-ci sont absentes dans 42 % des cas (51 sur 122), présentes jusqu'à l'avant-bras dans 41% des cas (50 sur 122) et présentes jusqu'au creux Ax dans 17 % des cas (21 sur 122) à la fin de la phase 2. A la fin de la phase 3, des collatérales lymphatiques du MSOM sont absentes dans 25 % des cas (31 sur 122), présentes jusqu'à l'avant-bras dans 29 % des cas (35 sur 122) et présentes jusqu'au creux Ax dans 46 % des cas

	SC	C	Tot
Phase 2	51	71	122
Phase 3	32	90	122

$p$  value  $\chi^2 = 0,0102$ \*

> Tableau 4: cas avec apparition des collatérales lymphatiques (C) ou sans apparition de collatérales lymphatiques (SC) pour le membre supérieur œdémateux en fonction de la phase lymphoscintigraphique. Le test de Chi carré indique une dépendance significative.



> Figure 4: nombre de membres supérieurs pathologiques présentant des collatérales (C) sous la forme de ganglions particuliers ou de collatéralisations dermiques superficielles ainsi que ceux sans présence de collatérales (SC) en fonction de la phase de lymphoscintigraphie.

(56 sur 122). Le test de  $\chi^2$  (Tableau 5) montre que l'apparition et l'extension des collatérales lymphatiques sur les imageries du MSOM dépendent de manière extrêmement significative ( $p$ -value < 0.0001) de la phase de lymphoscintigraphie. Ces résultats témoignent donc d'une augmentation du développement des collatérales lymphatiques avec l'augmentation de l'activité physique. (Figure 5)

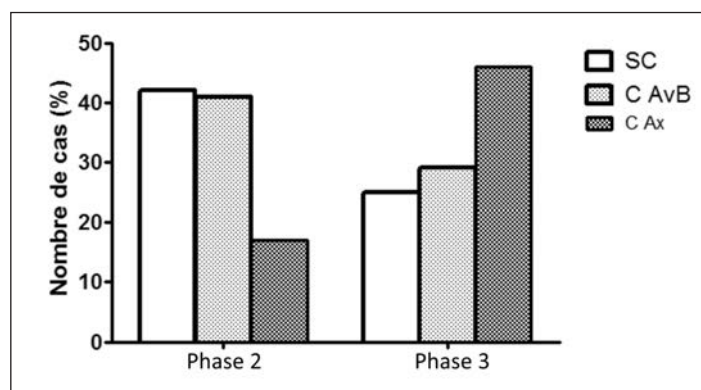
### Évaluation moyenne du drainage lymphatique des patientes en fonction de la phase lymphoscintigraphique

En utilisant le système de cotation du Tableau 2, il devient possible de synthétiser la progression du marqueur le long du membre supérieur œdémateux en fonction de la phase de lymphoscintigraphie. Lors de la phase 1, la progression moyenne du traceur reste très faible avec une cotation moyenne de 0.32/5 signifiant que dans la plupart des cas, il n'y a pas de progression du traceur après 30 min de repos. La progression augmente ensuite en phase 2 avec une cotation moyenne de 2.93/5 signifiant que dans la plupart des cas le traceur progresse jusqu'au niveau du coude après 15 min de mobilisation active des doigts et de la main. La progression du traceur augmente encore après avec une cotation moyenne de 4.06/5 en phase 3 signifiant que dans la plupart des cas, il y a une progression du traceur jusqu'au bras après une heure d'activité physique modérée du membre supérieur (Tableau 6).

	SC	C AvB	C Ax
Phase 2	51	50	21
Phase 3	31	35	56

$p$  value  $\chi^2 < 0,0001$ \*\*\*

> Tableau 5: cas avec extension des collatérales lymphatiques jusqu'à l'avant-bras (C AvB), jusqu'au creux axillaire (C Ax) et sans collatérales lymphatique pour le membre supérieur œdémateux en fonction de la phase lymphoscintigraphique. Le test de Chi-carré  $\chi^2$  indique une dépendance très hautement significative.



> Figure 5: nombre de membres supérieurs pathologiques pour lesquels des collatérales sont observables jusqu'à l'avant-bras (C AvB), jusqu'au creux axillaire (C Ax) ou non observables (SC) en fonction de la phase de lymphoscintigraphie.

## Discussion

L'objectif de départ est de déterminer si l'activité physique a influencé ou non la fonction lymphatique des patientes présentant un œdème. Jusqu'à ce jour, des études suggéraient de limiter les activités physiques et la pratique du sport après traitement du cancer du sein<sup>(25,35)</sup> sans même considérer la présence ou pas d'un lymphœdème secondaire.

Une première observation des résultats peut être faite sur le thème de la prédisposition des sujets au lymphœdème. Suite à l'injection sous-cutanée dans le premier espace interdigital d'un sujet sain, le temps de migration des colloïdes radioactifs jusqu'au creux Ax doit être de 30 minutes<sup>(36)</sup>. Nos résultats montrent que seul 12% des patientes de l'échantillon révèlent des Ggs Ax du côté non opéré après 30 minutes de repos (phase 1). Ceci pourrait être expliqué par le fait que les patientes qui développent un lymphœdème secondaire pourraient présenter une insuffisance lymphatique primaire sous-jacente correspondant à une situation physiologique de base déficiente. Le développement du lymphœdème serait donc dû principalement à une chirurgie Ax avec adénectomie et donc interruption du flux lymphatique chez une patiente présentant au départ une prédisposition physiologique ou anatomique renforcée par une fibrose post chirurgicale ralentissant le déploiement de nouveaux vaisseaux<sup>(37)</sup>. Selon les études de Newman et de Brouillard, cette prédisposition à développer un lymphœdème serait due à un problème d'origine génétique<sup>(38,39)</sup>. Stanton et ses collègues évoquent un problème de contractilité des VL, un drainage lymphatique plus faible ou encore un taux de filtration trop élevé<sup>(40)</sup>.

Concernant la problématique de l'exercice physique, plusieurs aspects sont à prendre en considération. Les résultats montrent qu'un plus grand nombre de patientes présentent des Ggs après une heure d'activité physique plutôt qu'après 15 minutes d'exercices. Pour 27 % des patientes, 15 minutes d'exercices du MSOM mènent à un drainage du produit de contraste jusqu'au creux Ax contre 66 % des patientes après une heure d'activité. Un exercice d'intensité plus élevée et de plus longue durée semble donc augmenter le flux lymphatique en direction de la racine du membre. Ensuite chez 58 %, 15 minutes d'exercice du MSOM conduisent à l'apparition de collatérales contre 75 % après 1 heure d'activité physique globale du membre supérieur. Une activité physique globale et de plus grande intensité permet donc une plus grande mise en charge du réseau de collatéralisation. Ces deux analyses montrent

	Cotation	Progression
Phase 1	0,32 / 5	Aucune
Phase 2	2,93 / 5	Coude
Phase 3	4,05 / 5	Bras

$p$  value One Way ANOVA < 0,0001\*\*\*

> Tableau 6: cotation moyenne de la progression du traceur en fonction de la phase lymphoscintigraphique pour le membre œdémateux

donc que le drainage lymphatique du MSOM est augmenté par l'activité physique. Elle semblerait permettre une amélioration du drainage lymphatique et donc un meilleur drainage de la zone œdémateuse. Ces deux constatations vont donc dans le sens de l'étude de *Tartaglione* en 2010 qui démontre que la lymphoscintigraphie effectuée chez des patientes présentant un lymphœdème et réalisant un exercice donne une meilleure image du drainage après deux minutes<sup>(41)</sup>. *Stanton* en 2001 révèle par analyse lymphoscintigraphique que l'activité physique développe les collatéralisations lymphatiques dermiques chez des patientes souffrant de lymphœdème après cancer du sein<sup>(40)</sup>. Cette mise en charge accrue du réseau de collatéralisation servirait donc de compensation au drainage lymphatique déficient par une redistribution des voies de drainage au niveau du membre œdémateux permettant un drainage du membre plus efficace. Deux questions se posent donc. La première concerne la durée idéale d'une activité physique continue. En effet, un exercice de durée plus grande pourrait entraîner un drainage plus important ou une « fatigue » des vaisseaux qui pourrait conduire à une stase menant ainsi à une diminution progressive du drainage lymphatique lors de l'exercice. La deuxième question concerne le rapport entre la CDS et l'importance de l'œdème. Nous savons que la CDS servirait de compensation au drainage lymphatique superficiel déficient mais nous ne connaissons pas les effets qu'elle engendre sur le volume de l'œdème. Si l'exercice augmente la production de lymphes et de liquide interstitiel comme il a été démontré<sup>(42-44)</sup>, il devrait donc y avoir un plus grand volume de liquide à drainer combiné à une mise en charge du réseau de CDS au niveau de l'œdème. Il pourrait dès lors s'en suivre une augmentation du volume de l'œdème. En effet, selon les résultats obtenus dans notre étude, l'exercice favorise une résorption hors du point d'injection de l'injectat et celui-ci semble s'accumuler au niveau des collatérales sans forcément rejoindre la région axillaire. Il se pourrait donc que le volume du membre augmente avec l'activité physique dans certains cas où les collatérales ne parviennent pas à rejoindre la racine du membre. N'ayant pas les mesures de volume du membre lors des exercices, nous sommes limités dans l'interprétation de l'effet bénéfique de l'exercice sur le membre. Dans une étude future, il serait adéquat d'effectuer des mesures volumétriques du membre, avant et après chaque session d'exercices.

Il serait aussi intéressant de pouvoir objectiver les effets éventuels de l'activité physique sur le volume du membre œdémateux dans le but de les comparer à la même d'activité sous bandage spécifique. *Lingh et al.* en 2015 démontrent que des exercices de résistance effectués en l'absence de compressions, souvent recommandée lors d'efforts, n'aggraverait pas le lymphœdème mais ne diminueraient pas non plus le volume de l'œdème<sup>(45)</sup>. Ceci tendrait donc à montrer que lors de l'effort physique, le drainage lymphatique est amélioré et empêche l'augmentation du volume de l'œdème. C'est aussi ce qui semble sortir de l'étude de *Singh et al* en 2016 qui conclue sur le fait qu'il n'existe pas assez de preuves pour approuver ou désapprouver la recommandation clinique actuelle de porter un manchon de compression durant l'activité physique<sup>(46)</sup>. De notre point de vue, l'activité physique chez des personnes atteintes de lymphœdème doit être contrôlée, progressive et guidée mais le port d'une compression élastique ou une contention semi-rigide reste nécessaire. Une conten-

tion semi-rigide comme un bandage multicouches permettrait d'éviter une fatigue lymphatique mais permettrait surtout de faciliter la résorption de l'œdème par le système lymphatique lors des contractions musculaires<sup>(47,48)</sup>. Ce dernier point rendrait donc son port idéal pour des patientes présentant un lymphœdème encore résorbable et donc en phase intensive de traitement. Pour les patientes présentant un lymphœdème du membre supérieur en phase de traitement d'entretien, il serait alors mieux de porter une compression élastique pour éviter la fatigue lymphatique tout en empêchant le membre supérieur de gonfler<sup>(49)</sup>. Le rôle du physiothérapeute devient alors d'une part de traiter ses patientes souffrant de lymphœdème secondaire mais aussi de conseiller une activité physique régulière et responsable permettant d'augmenter le drainage physiologique lymphatique tout en maintenant le volume de l'œdème sous compression élastique ou en combinant avec les effets thérapeutiques d'un bandage multicouches selon la phase de son traitement. Des études montrent les effets bénéfiques de programmes d'exercices physiques en résistance pour des patientes atteintes d'un cancer du sein<sup>(4,46)</sup>. Cependant, l'intensité, la fréquence, la durée, le volume et les muscles visés doivent être précisés. Les résultats montrent les effets positifs sur la fonction musculaire et la composition du corps<sup>(50)</sup>.

Dans le cadre de notre étude les exercices ont été réalisés pendant une seule séance d'une durée de 60 minutes. Il serait intéressant d'observer les effets d'exercices plus intenses réalisés sur une période plus longue ou sur plusieurs journées consécutives de même que la persistance d'effets différés de ces exercices. Cette étude se basant sur l'analyse rétrospective d'imageries de patientes ne venant qu'une seule fois sur une longue période ou n'étant pas suivie dans leur traitement à l'institut Bordet et vu la durée de l'examen, de nombreuses données ne nous sont pas ou plus accessibles. Ainsi, l'ancienneté de l'œdème, le volume de l'œdème à l'époque de la prise d'imagerie, les antécédents de la patiente ainsi que les traitements par chimiothérapie et radiothérapie possibles ne sont pas connus et il aurait été très intéressant de pouvoir y chercher des corrélations. Les résultats sont aussi à nuancer car même s'ils restent représentatifs de l'influence de l'activité physique sur le système lymphatique, les phases 2 et 3 sont non standardisées, pouvant induire un biais dans l'étude. Si cette non-standardisation permet en effet à la patiente de réaliser une activité physique dans le respect de la fatigue et de la douleur de la patiente pour un meilleur examen clinique, une standardisation de ces phases aurait apporté une plus grande précision aux résultats obtenus.

## Conclusion

La recherche sur l'effet de l'activité physique comme traitement, après mastectomie, a fait des progrès significatifs au fil des ans. Dans notre étude, nous avons apprécié les effets immédiats de l'activité physique sur la physiologie lymphatique de patientes présentant un LMS suite à une chirurgie de cancer du sein. Nos résultats montrent que l'activité physique semble augmenter la fonction lymphatique chez la majorité des patientes ayant un LMS secondaire. L'activité physique serait responsable chez ces patientes d'une augmentation du flux lymphatique, du nombre de collatérales ainsi que de l'extension de ces dernières en direction du creux axillaire. Il

pourrait donc être souhaitable dans certains cas, de ne pas diminuer l'activité physique, après traitement du cancer du sein, mais plutôt de la contrôler et de la personnaliser. Néanmoins il serait intéressant d'étudier si l'exercice et l'augmentation du volume de l'œdème sont corrélés, car une amélioration du drainage lymphatique peut aller de pair avec une augmentation de la production de lymphes. Rappelons que Johansson<sup>(26)</sup> avait constaté dans un premier temps une augmentation de volume du membre après les exercices. En effet, même si l'activité physique permet d'améliorer la situation physiologique lymphatique, il reste possible que celle-ci soit responsable d'une augmentation du volume de l'œdème lorsque l'activité physique est pratiquée sans aucune contention ou compression spécifique. Ainsi et pour l'instant, il serait donc préférable pour le physiothérapeute de conseiller à ses patientes souffrant d'un lymphœdème secondaire une activité physique régulière mais surtout responsable et progressive en maintenant préférentiellement le volume du membre sous compression élastique ou bandage multicouches.

## Implications pour la pratique

- Encadrer et conseiller la patiente présentant un lymphœdème concernant son activité physique.
- Faire prévaloir une activité physique régulière, progressive et responsable pour les patientes désirent reprendre une activité sportive.
- Il reste préférable pour ces patientes de garder durant l'activité physique un bandage de contention ou une compression élastique.

## Contact

Prof. Pierre BOURGEOIS, MD, PhD  
Multi-disciplinary Clinic-Unit of Lymphology  
Jules Bordet Institute  
121, Bd. de Waterloo  
B-1000, Bruxelles  
Université Libre de Bruxelles  
Belgique  
E-mail address: pierre.bourgeois@bordet.be

## Références

1. Disipio T, Rye S, Newman B, Hayes S. Incidence of unilateral arm lymphoedema after breast cancer: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Oncol* [Internet]. 2013;14(6):500–15.
2. Ahmed RL, Schmitz KH, Prizment AE, Folsom AR. Risk Factors for Lymphedema In Breast Cancer Survivors, the Iowa Women's Health Study Rehana. *Breast Cancer Res Treat*. 2011;130(3):981–91.
3. Tsai RJ, Dennis LK, Lynch CF, Snetselaar LG, Zamba GKD, Scott-conner C. The Risk of Developing Arm Lymphedema Among Breast Cancer Survivors : A Meta-Analysis of Treatment Factors. *Ann Surg Oncol*. 2009;16:1959–72.
4. Keilani M, Hasenoehrl T, Neubauer M, Crevenna R. Resistance exercise and secondary lymphedema in breast cancer survivors — a systematic review. *Support Care Cancer*. 2016;24:1907–16.
5. Kibar S, Dalyan Aras M, Ünsal Delialioglu S. The risk factors and prevalence of upper extremity impairments and an analysis of effects of lymphoedema and other impairments on the quality of life of breast cancer patients. *Eur J Cancer Care (Engl)*. 2016;
6. Loudon L, Petrek J. Lymphedema in Women Treated for breast cancer. *Cancer Pract*. 2000;8(2):65–71.
7. Clark B, Sitzia J, Harlow W. Incidence and risk of arm oedema following treatment for breast cancer : a three-year follow-up study. *Q J MED*. 2005;98(April):343–8.
8. Devoogdt N, Van Kampen M, Geraerts I, Coremans T, Christiaens MR. Different physical treatment modalities for lymphoedema developing after axillary lymph node dissection for breast cancer: A review. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* [Internet]. 2010;149(1):3–9.
9. Merino DP, Minayo E, Te EC. Effectiveness of early physiotherapy to prevent. *BMJ*. 2010;340:1–8.
10. Ezzo J, Manheimer E, MI M, Dm H, Weiss R, Ki J, et al. Manual lymphatic drainage for lymphedema following breast cancer treatment ( Review ). *TheCochrane Libr*. 2015;(5):1–4.
11. Koul R, Dufan T, Russell C, Guenther W, Nugent Z, Sun X, et al. Efficacy of complete decongestive therapy and manual lymphatic drainage on treatment-related lymphedema in breast cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2007;67(3):841–6.
12. Zaleska M, Olszewski WL, Cakala M, Cwikla J, Budlewski T. Intermittent Pneumatic Compression Enhances Formation of Edema Tissue Fluid Channels in Lymphedema of Lower Limbs. *Lymphat Res Biol* [Internet]. 2015;13(2):146–53.
13. Finnane A, Janda M, Hayes SC. Review of the evidence of lymphedema treatment effect. *Am J Phys Med Rehabil* [Internet]. 2015;94(6):483–98.
14. Review AS. Conservative and Dietary Interventions for Cancer-Related Lymphedema. *Cancer*. 2011;117(3):1136–48.
15. Sagen Å, Kåresen R, Risberg MA. Physical activity for the affected limb and arm lymphedema after breast cancer surgery . A prospective , randomized controlled trial with two years follow-up. *Acta Oncol (Madr)*. 2009;48(8):1102–10.
16. Ahmed RL, Thomas W, Yee D, Schmitz KH. Randomized Controlled Trial of Weight Training and Lymphedema in Breast Cancer Survivors. *J Clin Oncol*. 2006;24(18):2765–72.
17. Moseley AL, Piller NB. Exercise for limb lymphoedema : evidence that it is beneficial. *J Lymphoedema*. 2008;3(1):51–6.
18. Maia M, Oliveira F De, Rezende LF De, Teresa M, Ponzio M, Morais SS, et al. Manual lymphatic drainage versus exercise in the early postoperative period for breast cancer. *Physiother Theory Pr*. 2014;30(6):384–9.
19. Fong DYT, Ho JWC, Hui BPH, Lee AM, Macfarlane DJ, Sharron SK, et al. Physical activity for cancer survivors : meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ*. 2012;344:1–14.
20. Dennett AM, Peiris CL, Shields N, Prendergast LA, Taylor NF. Moderate-intensity exercise reduces fatigue and improves mobility in cancer survivors: A systematic review and meta-regression. *J Physiother* [Internet]. 2016;62(2):68–82.
21. LaVoy ECP, Fagundes CP, Dantzer R. Exercise, inflammation, and fatigue in cancer survivors. *Exerc Immunol Rev*. 2016;22(713):82–92.
22. Ibrahim EM, Al-homaidh A. Physical activity and survival after breast cancer diagnosis : meta-analysis of published studies. *Med Oncol*. 2011;28(4):753–65.
23. Chen X, Lu W, Zheng W, Gu K, Matthews CE, Chen Z, et al. Exercise after diagnosis of breast cancer in association with survival. *Cancer Prev Res*. 2011;4(9):1409–18.
24. Petrek JA, Senie RT, Peters M, Rosen PP. lymphedema in a cohort of breast carcinoma survivors 20 years after diagnosis. *Cancer*. 2001;92:1368–77.
25. Cheifetz O, Haley L. Management of secondary lymphedema related to breast cancer. *Can Fam Physician*. 2010;56:1277–84.
26. Johansson K, Tibe K, Weibull A, Newton RU. Low intensity resistance exercise for breast cancer patients with arm lymphedema with or without compression sleeve. *Lymphology*. 2005;38:167–80.
27. Lane KN, Dolan LB, Worsley D, Mckenzie DC. Upper extremity lymphatic function at rest and during exercise in breast cancer survivors with and without lymphedema compared with healthy controls. *J Appl Physiol*. 2007;103:917–25.

28. Kwan ML, Cohn JC, Armer JM, Stewart BR, Cormier JN. Exercise in patients with lymphedema: A systematic review of the contemporary literature. *J Cancer Surviv.* 2011;5(4):320–36.
29. Singh V, Roberts D. Weight training is not harmful for women with breast cancer-related lymphoedema : a systematic review. *J Physiother [Internet].* 2014;60(3):136–43.
30. Harris SR, Niesen-vertommen SL. Challenging the Myth of Exercise-Induced Lymphedema Following Breast Cancer : A Series of Case Reports. *J Surg Oncol.* 2000;74(January):95–9.
31. Cheema BS, Kilbreath SL, Fahey PP, Delaney GP, Atlantis E. Safety and efficacy of progressive resistance training in breast cancer : a systematic review and meta-analysis. *Breast Cancer Res Treat.* 2014;148:249–68.
32. NLN Medical Advisory Committee. Position Statement of the National Lymphedema Network. *Natl Lymphedema Netw.* 2011;(February):1–19.
33. The diagnosis and treatment of peripheral lymphedema: 2013 consensus document of the international society of lymphology. *Lymphology.* 2013;46:1–11.
34. Bourgeois P, Belgrado J, Aerens C. La lymphoscintigraphie dans la prise en charge thérapeutique des œdèmes des membres par les soins de santé en Belgique Lymphoscintigraphy in the management of lymphedemas and their health costs. *Médecine Nucléaire.* 2010;34:675–82.
35. Watson T, Mock V. Exercise as an Intervention for Cancer-Related Fatigue. *Phys Ther.* 2004;84(8):736–43.
36. Devoogdt N, Wyngaert T Van Den, Bourgeois P, Lambrechts M, Kampen M Van, Groef A De, et al. Reproducibility of Lymphoscintigraphic Evaluation. *Lymphat Res Biol.* 2014;12(3):175–84.
37. Bennett Britton TM, Purushotham AD. Understanding breast cancer-related lymphoedema. The surgeon: journal of the Royal Colleges of Surgeons of Edinburgh and Ireland. 2009;7(2):120-4.
38. Brouillard P, Boon L, Vikkula M. Genetics of lymphatic anomalies. *J Clin Invest.* 2014;124(3):898–904.
39. Newman B, Ph D, Lose F, Ph D, Kedda M, Ph D, et al. Possible Genetic Predisposition to Lymphedema. *Lymphat Res Biol.* 2012;10(1):2–13.
40. Stanton a W, Svensson WE, Mellor RH, Peters a M, Levick JR, Mortimer PS. Differences in lymph drainage between swollen and non-swollen regions in arms with breast-cancer-related lymphoedema. *Clin Sci.* 2001;101(2):131–40.
41. Tartaglione G, Pagan M, Scoppola A, Capalbo C, Picone V, Di Rocco CZ, et al. Intradermal lymphoscintigraphy at rest and after a quick exercise in the functional assessment of the lymph drainage in patients with secondary lymphoedema. *Nucl Med Commun [Internet].* 2010;31(6):547–51.
42. Leduc A. Le drainage lymphatique théorie et pratique. Masson. Paris; 1991.
43. Olszewski W, Jkger PM, Sokolowski J, Theodorsen L. Flow and Composition of Leg Lymph in Normal Men during Venous Stasis , Muscular Activity and Local Hyperthermia. *Acta physiol scand.* 1977;99:149–55.
44. Williams ES, Ward MP, Milledge JS, Withey WR, Olders MW, Forsling ML. Effect of the exercise of seven consecutive days hill-walking on fluid homeostasis. *Clin Sci.* 1979;56:305–16.
45. Singh B, Newton RU, Cormie P, Galvao DA, Cornish B, Reul-Hirche H, et al. Effects of compression on lymphoedema during resistance exercise in women with breast cancer-related lymphoedema: a randomised, cross-over trial. *Lymphology.* 2015;48(2):80–92.
46. Singh B, Disipio T, Peake J, Hayes SC. Systematic Review and Meta-Analysis of the Effects of Exercise for Those With Cancer-Related Lymphedema. *Arch Phys Med Rehabil [Internet].* 2016;97(2):302–15.
47. Kang Y, Jang D-H, Lee S, Jeong S, Shin D, Kim H. Pressure Monitoring of Multilayer Inelastic Bandaging and the Effect of Padding in Breast Cancer Y Related. *Am J Phys Med Rehabil.* 2012;91(9):768–73.
48. Leduc O, Peeters A, Bourgeois P. Bandages : Scintigraphic demonstration of its efficacy on colloïdal protein reabsorption during muscle activity. *Lymphology.* 1990;12:421–3.
49. Maria J, Godoy P De, Pinto RL, Carolina A, Godoy P De, Fátima M De, et al. Synergistic Effect of Elastic Stockings to Maintain Volume Losses after Mechanical Lymphatic Therapy. 2014;2014:9–11.
50. Strasser B, Steindorf K, Wiskemann J, Ulrich CM. Impact of Resistance Training in Cancer. *Med Sci Sport Exerc.* 2013;45(11):2080–90.

**epitact<sup>®</sup>**  
SPORT

**EPITACT<sup>®</sup>SPORT**  
**RÉINVENTE**  
**L'ORTHOPÉDIE**



## ■ GENOILLÈRE EPITHELIUMFLEX<sup>®</sup>01

Concentré de technologie dans moins de 60g, la genouillère brevetée EPITACT<sup>®</sup> se fait oublier. Son tendon de maintien rotulien EPITHELIUMFLEX<sup>®</sup> améliore la stabilité de votre genou et sécurise votre articulation fragile. Elle ne glisse pas et ne provoque aucune gêne derrière le genou.



FOURNISSEUR  
OFFICIEL  
**INSEP**

Centre d'entraînement de l'élite du sport Français pour les Jeux Olympiques.

La genouillère EPITHELIUM-FLEX<sup>®</sup> 01 a été prescrite par le corps médical de l'INSEP à 47 sportifs, évoluant dans 20 disciplines différentes et souffrant d'une pathologie rotulienne. Ces tests (réalisés de nov. 2015 à janv. 2016) montrent que :

- La douleur ressentie est diminuée de 52%
- Le sentiment de stabilité est amélioré de 90%

Ces résultats ont permis à EPITACT<sup>®</sup> Sport de devenir partenaire de l'INSEP.



**DISPONIBLE EN PHARMACIES  
ET MAGASINS DE SPORT  
SPÉCIALISÉS**

[www.epitactsport.ch](http://www.epitactsport.ch)

Vertrieb: F. Uhlmann-Eyraud SA 1217 MEYRIN  
Email : [epitact@uhlmann.ch](mailto:epitact@uhlmann.ch) - [www.uhlmann.ch](http://www.uhlmann.ch)

# Lu pour vous !

## Guide de la foulée avec prise d'appui avant-pied

Frédéric BRIGAUD

Ed. Désiris, 2016

ISBN : 978-2-36403-144-9



Vous courez avec une prise d'appui par le talon ? - Cette manière de courir est sérieusement remise en question dans le monde de la course à pied et a défrayé la chronique sur Internet et les blogs spécialisés. Pour l'auteur, il est temps de tester et d'adopter la prise d'appui par l'avant-pied.

Cette foulée par l'avant-pied, que l'on dénomme aussi minimaliste, médio-pied ou naturelle, ne se résume pas uniquement par l'attaque du pied lors de la course par l'avant-pied. Pour l'auteur, la localisation de la prise d'appui du pied au sol, le déroulé du pas vers l'arrière, la qualité de l'amortissement, la fréquence d'appui sont autant d'éléments qui nécessitent d'être compris et maîtrisés. Ces éléments remettent en cause une pratique ancestrale de la course à pied et posent de nombreuses questions :

- Quel est l'intérêt d'une prise d'appui par l'avant-pied ?
- Comment se préparer à cette pratique et comment la mettre en pratique et l'acquérir ?
- Quelle gestuelle adopter ?
- Quel programme suivre ?
- A quelle allure courir ?
- Avec quelles chaussures ?

Dans ce petit guide de 250 pages, largement illustré par des schémas, l'auteur répond à toutes ces questions et donne les pistes pour tester, acquérir et développer cette nouvelle gestuelle pour plus d'efficacité et de confort dans la course à pied et la pratique du sport en général.

Cette nouvelle édition, augmentée et préfacée par *Luc Vernier*, directeur UCPA Argentière-Vallée de Chamonix, chargé de mission Trail UCPA notamment, aborde et développe de nouvelles notions et augmente ainsi considérablement la portée de ce guide.



L'auteur :

**Frédéric Brigaud** est ostéopathe, DO, de l'Institut Supérieur D'Ostéopathie Lyon ; il est aussi consultant en biomécanique humaine et concepteur des principes posturo-dynamique d'Empilement Articulaire Dynamique (EAD concept TM), approche biomécanique et posturo-dynamique du corps en mouvement. *Frédéric Brigaud* s'occupe de sportifs de haut niveau depuis 1994 :

- Footballeurs (France, Portugal, Maroc).
- Membres des équipes de France de : Ski Alpin (Vitesse) / Snow board / Ski de fond / Ski freestyle / Biathlon.
- Sportifs de haut niveau Golf, Tennis, Trail...

Auteur de nombreux ouvrages et d'articles dans les domaines du sport et de la biomécanique, *Frédéric Brigaud* a notamment participé comme conférencier lors du Symposium Romand d'Ostéopathie 2007, « ADOLESCENCE, SPORT ET OSTÉOPATHIE », organisé par *Mains Libres* à Lausanne.

Pour information, *Frédéric Brigaud* publie une annexe téléchargeable et gratuite à l'ouvrage « Améliorer sa posture » et permet au lecteur de découvrir le jeu tiré de l'ouvrage <http://bit.ly/Newtballregles> qui inclut une vidéo associée <http://bit.ly/newtballvideo>.

## Améliorer sa posture, du quotidien à la pratique sportive

Frédéric BRIGAUD

Ed. Désiris, 2016

ISBN : 978-2-36403-141-8



La posture constitue l'assise sur laquelle se construit chaque mouvement et dont dépend notre stabilité, notre réactivité, notre capacité à rattraper un déséquilibre, en somme, notre bien-être au quotidien et dans la pratique sportive.

Toutefois, cette posture est l'expression de nos apprentissages et de nos gestes répétitifs, qui ont pour conséquences de modeler progressivement notre corps, de les stéréotyper et ainsi déterminer, dans le temps, nos pathologies futures. Cette notion a été développée aussi par *Raymond Sohier* sous l'appellation de « prédominance fonctionnelle ».

Fort heureusement, ce stéréotype n'étant pas immuable, il est toujours possible de reprendre le contrôle de notre posture pour améliorer notre dynamique.

L'auteur explique dans cet ouvrage pourquoi améliorer, entretenir et tonifier notre posture, comment connecter les différentes parties du corps et par quelle méthode, pour une meilleure santé physique.

De nombreux exercices et séquences d'exercices sont proposés, essentiellement en position debout, car, en tant que bipède, Homo Sapiens est en quasi permanence en équilibre sur un ou deux appuis. Sa posture est aussi conditionnée par sa faculté à se déplacer et à lutter inexorablement contre la gravité.

Ces exercices ont aussi pour objectifs d'interconnecter ses différents segments corporels les uns aux autres et les orchestrer harmonieusement afin de stabiliser son corps.

Ce petit ouvrage de 130 pages permettra au lecteur de s'occuper de son corps, d'entretenir son équilibre, de renforcer sa posture, de lier et relier ses différents segments corporels et de gagner en efficacité, en réactivité et en plaisir.

Il ne tient qu'à nous de prendre contrôle de notre posture, de notre gestuelle et... d'habiter notre corps !

# » Agenda

Manifestations, cours, congrès entre le 22 septembre et le 3 juin 2018

Date et lieu	Manifestation	Organisation	Intervenant	Inscription
22, 23 et 24 Septembre 2017 Hôpital de Chamblon Yverdon-les-bains	<b>Maux de tête d'origine cervicale: évaluations et traitements</b>	Association Suisse des Physiothérapeutes Indépendants (ASPI)	<b>Elaine MAHEU</b>	<a href="http://www.aspi-svfp.ch/formation-physiotherapie/formation-continue-aspi/liste-formation-continue-aspi.asp">http://www.aspi-svfp.ch/formation-physiotherapie/formation-continue-aspi/liste-formation-continue-aspi.asp</a>
28-30 septembre, 1 <sup>er</sup> octobre 2017 Chavannes-les-Bogis	<b>Formation en orthokinésie (Module 2)</b>	Othokinésie international academy	<b>Christophe OTTE</b>	secretariat@orthokinesie.com ou www.orthokinesie.com
6 octobre 2017 Salle Cacib, Lausanne / Renens	<b>Evaluation et rééducation de la cheville instable: actualisation scientifique et</b>	Myolux	<b>Brice PICOT Romain TERRIER (France)</b>	contact@iccpphysio.com ou (+33)4 79 25 71 00
4 Novembre 2017 le matin HESAV – Lausanne	<b>Anatomie palpatoire du bassin et de la hanche</b>	Association Suisse des Physiothérapeutes Indépendants (ASPI)	<b>D<sup>r</sup> Hugues CADAS et Anna LARCINESE</b>	<a href="http://www.aspi-svfp.ch/formation-physiotherapie/formation-continue-aspi/liste-formation-continue-aspi.asp">http://www.aspi-svfp.ch/formation-physiotherapie/formation-continue-aspi/liste-formation-continue-aspi.asp</a>
9, 10, 11 novembre 2017 Salle Cacib, Lausanne / Renens	<b>Thérapie manuelle du rachis cervical, cervico-thoracique et de la ceinture scapulaire</b>	Mains Libres Formations	<b>Benjamin HIDALGO (Louvain, BE)</b>	<a href="http://www.mainslibres.ch/formation">http://www.mainslibres.ch/formation</a>
17 Novembre 2017 Centre Patronal – Paudex	<b>Le membre inférieur de l'enfant orthopédie et traumatologie</b>	Association Suisse des Physiothérapeutes Indépendants (ASPI)	<b>D<sup>r</sup> Stéphane TERCIER, D<sup>r</sup> Boris GOJANOVIC, Sofia</b>	<a href="http://www.aspi-svfp.ch/formation-physiotherapie/formation-continue-aspi/liste-formation-continue-aspi.asp">http://www.aspi-svfp.ch/formation-physiotherapie/formation-continue-aspi/liste-formation-continue-aspi.asp</a>
17, 18 novembre 2017 Salle Cacib, Lausanne / Renens	<b>Rééducation de l'épaule en chaîne fermée: concept 3 C (Centering in a Closed Chain)</b>	Mains Libres Formations	<b>Mains Libres Formations</b>	<a href="http://www.mainslibres.ch/formation">http://www.mainslibres.ch/formation</a>
<b>SAVE THE DATE</b> 2 février 2018 Clinique Bois-Cerf (Lausanne)	<b>Chirurgie de l'épaule en direct et commentée et rééducation post-opératoire (2<sup>e</sup> session)</b>	Mains Libres Formations	<b>D<sup>r</sup> Steve BRENN (Lausanne) Frédéric SROUR (Paris)</b>	<a href="http://www.mainslibres.ch/formation">http://www.mainslibres.ch/formation</a>
Module 1 : 26-27-28-29 avril 2018 Module 2 : 31 mai et 01-02-03 juin 2018 Chavannes-les-Bogis	<b>Formation en orthokinésie (Module 2)</b>	Othokinésie International Academy	<b>Christophe OTTE</b>	secretariat@orthokinesie.com ou www.orthokinesie.com

**VOUS AMBITIONNEZ DE DIFFUSER  
VOS TRAVAUX SCIENTIFIQUES  
EN RELATION AVEC LA  
PHYSIOTHÉRAPIE, L'OSTÉOPATHIE,  
LA FASCIATHÉRAPIE OU LA  
POSTUROLOGIE DANS LE  
MONDE FRANCOPHONE,  
ALORS SOUMETTEZ UN ARTICLE À**

**MAINS** *Libres*  
physiothérapie – ostéopathie – thérapies manuelles

**Votre article sera révisé par un comité  
de lecture qui procèdera à un processus  
de revue équitable, indépendant,  
en double aveugle, suivant les  
recommandations internationales,  
et qui garantit aux lecteurs  
la pertinence clinique de votre travail.**

**Consultez attentivement  
nos recommandations aux auteurs sur :**

[http://www.mainslibres.ch/  
larevue\\_informations\\_auteurs.php](http://www.mainslibres.ch/larevue_informations_auteurs.php)



#### SECRETARIAT TÉLÉPHONIQUE

Vos correspondants ne font aucune différence nous répondons en votre nom ou votre raison sociale.



#### « VOUS DICTEZ... NOUS RÉDIGEONS »

Medes met à votre disposition des secrétaires médicales expérimentées pour transposer noir sur blanc vos rapports, protocoles opératoires, expertises, et autres...

#### NOS PRESTATIONS

- > SERVICE SUR DEMANDE : UN JOUR, UNE SEMAINE, UN MOIS
- > GESTION DE VOTRE AGENDA EN TEMPS RÉEL
- > FACILITÉ D'UTILISATION
- > RETRANSMISSION DES MESSAGES
- > PRISE DE RENDEZ-VOUS PAR INTERNET
- > RAPPEL DES RENDEZ-VOUS PAR SMS
- > TRANSFERT D'APPEL URGENT
- > COMPATIBILITÉ AVEC VOTRE PROPRE LOGICIEL D'AGENDA



VOTRE TÉLÉSECRETARIAT  
DEPUIS 1993

MEDES SÀRL  
Route de Jussy 29 > 1226 Thônex  
T. 022 544 00 00 > F. 022 544 00 01  
info@medes.ch

[WWW.MEDES.CH](http://WWW.MEDES.CH)

**Tarifs réduits  
pour professionnels de la santé**



**VISTAWELL**  
sport . health . movement

Depuis 1984,  
1300 articles pour la santé et le sport

[www.vistawell.ch](http://www.vistawell.ch)

Rue du Lac 40 2014 Bôle/NE 032 841 42 52  
office@vistawell.ch

# La physiothérapie agit !

Recherche de thérapeutes  
sur [www.physioswiss.ch](http://www.physioswiss.ch)

**NOTRE PASSION – VOTRE MOUVEMENT.**



L'Association suisse de physiothérapie



# » C.Q.F.D.

C. Q. F. D. est une rubrique interactive au sein de Mains Libres. Après les aventures et les vicissitudes de L5, que nous reprendrons certainement ultérieurement, nous faisons place à un peu de PHILOSOPHIE.

Notre journal s'est imposé une mission de promouvoir des articles scientifiques dans nos domaines de compétence.

Avec Aurélien Barrau, avec la Marche pour la science qui s'est déroulée dans de nombreux pays, nous voici confronté à la problématique de la vérité dans les sciences et de la recrudescence de l'obscurantisme et du créationnisme dans notre civilisation. Aurélien Barrau nous propose une approche philosophique.

Alors, à vos plumes et nous attendons vos réactions et commentaires...

**(Vos réactions sont à envoyer à [info@mainslibres.ch](mailto:info@mainslibres.ch))**

## Science et vérité

**Aurélien BARRAU**

Astrophysicien au CNRS, professeur à l'Université Grenoble-Alpes, membre honoraire de l'Institut Universitaire de France et docteur en philosophie



La vérité n'est pas négociable. Elle ne devrait évidemment l'être nulle part mais, en sciences peut-être plus qu'ailleurs, aucun compromis n'est en ce domaine acceptable. Les récents débats autour d'une ère « post-vérité » (bien que le phénomène ne soit en réalité absolument pas nouveau) ont souligné la dangerosité de tout laxisme avec l'exigence de vérité. Le respect de la vérité est plus qu'un guide : il est la condition de possibilité du discours rationnel.

Pour autant, comme cela fut rappelé avec finesse par *Foucault* et *Deleuze* (parfois victimes d'une lecture à contre-sens radical), il ne suffit pas de proclamer – à la manière d'un rituel presque magique – son attachement inconditionnel à la vérité. Encore faut-il avoir le courage de questionner la vérité pour mieux la comprendre, pour mieux la servir.

Que cela plaise ou non, ça ne fait pas question : le concept de vérité a évolué avec le temps. Et sauf à nous croire les incarnations de la « fin de l'histoire », il nous faut convenir qu'il évoluera sans doute encore. De plus, même à une époque donnée, il n'est pas le même pour toutes les cultures. En Grèce antique il était parfois synonyme d'éloquence et de capacité à convaincre,

sans lien ferme avec ce qui peut advenir hors du discours – en opposition presque totale avec l'acception usuelle contemporaine. Respecter la vérité exige donc de la scruter, de la travailler et de la comprendre dans la diversité de ses significations (fut-ce pour en réfuter certaines).

La recherche de la vérité est une entreprise sérieuse. Il ne suffit pas de l'appeler de façon incantatoire, il faut oser faire face à la subtilité et à la diversité des paradoxes qu'elle engendre parfois. L'impératif de disjonction binaire, par exemple, est une illusion banale. Dans sa forme caricatural il pourrait se résumer à : « en vérité, la Terre se meut-elle ou est-elle au repos ? ». Naturellement, en vérité, la Terre peut être au repos, ou en mouvement, suivant notre choix de référentiel. Ce qui se signe ici, en filigrane, c'est que la vérité est souvent relative à un cadre et que ce cadre est souvent en partie contractuel. Ce qui ne signifie nullement, d'aucune manière, que « tout se vaut » ou que « tout est vrai ». Mais ce qui signifie que les systèmes et modalités d'évaluation de la vérité doivent être intégrés dans une enquête authentique et minutieuse. Une exigence – une inquiétude également – qui se trouve aussi bien chez *Derrida*, en philosophie continentale, que chez *Goodman*, en philosophie anglo-saxonne. L'un et l'autre étant d'ailleurs parfois, injustement, suspectés de laxisme avec la vérité alors que toute leur démarche est exactement à l'opposé de ce supposé relâchement : ils intègrent les schèmes d'évaluation dans la structure de la trame à considérer.

La science a partie liée avec la vérité. Elle est souvent fantasmée dans une logique du dévoilement (*aletheia*) donnant accès à l'en-soi du réel. La science comme révélation du fait pur. Ce n'est vraisemblablement pas inepte. La science procède en effet d'un désir de montrer quelque chose du monde qui dépasse nos désirs et nos simples projections humaines. C'est un large pan de sa noblesse et de son élégance. Mais prenons garde à ne pas nous engouffrer trop vite dans cette vision simpliste.

D'abord parce que la science est elle-même relativement mal définie. Aucun principe simple ne permet d'en édicter la méthode ou d'en circonscrire les limites. Elle est parfois assimilée

à la quintessence de l'expression de la rationalité. Mais la rationalité est elle-même multiple ! Là encore il ne s'agit pas de prôner une diversité extrême pour le plaisir de la subversion ou le désir de l'expérimentation : il est simplement incontestable que la raison prend, dans l'intellection humaine, des formes extraordinairement multiples. Manifestement, des postures religieuses, mystiques, artistiques, oniriques, etc. se justifient parfois au nom de la pleine et entière rationalité. Et c'est tout à fait cohérent du point de vue de la logique propre de ces gestes. Aucune « méta-raison » hégémonique et absolue ne semble se dessiner. Personne ne justifie ses options au nom de l'irrationalité, ce qui revient à dire que nous sommes tous les irrationnels de la raison ennemie. Il n'est pas question d'en conclure qu'aucun choix ne doit être opéré. Ce serait même plutôt l'inverse : il faut s'engager, mais les positionnements exigent un peu plus de réflexion qu'un appel permanent à la rationalité qui, bien souvent, engendre précisément ce qu'il entendait conjurer.

Ensuite parce que l'idée même de fait pur est délicate à manier. Il n'y a aucun doute que des « choses » adviennent indépendamment de nos conventions et de nos actes de langage. Mais il n'est pas évident que nous puissions rendre compte de ces advenues de façon indépendante de tout système relevant au moins partiellement d'une construction. Il est parfois argué que rappeler cette évidence reviendrait à ouvrir la boîte de Pandore. Il serait prudent d'enfouir et de taire cette vérité, au nom ... de la vérité ! Il faut, me semble-t-il, plutôt faire le pari de la subtilité. Feindre une évidence factuelle transparente, universelle et non-équivoque ne protège pas des impostures (négationnisme, créationnisme, climato-scepticisme, etc.) qu'il est bien-sûr nécessaire de combattre sans relâche. Tout au contraire, cela atrophie la finesse de l'analyse qui devient toujours violente et injuste si elle omet la diversité manifeste des êtres-au-réel possibles et actuels. Ce qui pourrait aussi se résumer par : réfuter un système de pensée exige d'en comprendre la logique propre pour la mettre en défaut, sans quoi l'argument n'a aucune portée performative.

Le défi est immense : concilier la rigueur de la « méthode scientifique », aussi mal définie soit-elle, avec la reconnaissance presque « œcuménique » de la multiplicité des approches et des appréhensions. D'un côté, une forme dramatique de nouveau « fascisme » impose le déni de la vérité à des fins politiques (on pense aux mensonges éhontés de l'équipe de *Donald Trump*). Il faut s'y opposer sans baisser la garde. De l'autre, un scientisme naïf et arrogant interdit d'interroger le concept de vérité et pense détenir le fin mot sur la structure du réel et de la pensée juste ou adéquate.

Il est essentiel de ne pas y céder. Entre ces deux écueils, que j'ai nommés quelque part post-vérité et sur-vérité, le chemin critique est étroit. Notre responsabilité, me semble-t-il, consiste pourtant à le suivre le plus scrupuleusement possible.

Il ne faut pas confondre le territoire et la carte. Le territoire échappe à la représentation, nous ne savons dessiner que des cartes. Et les planisphères « politiques » ressemblent bien peu aux planisphères « géographiques ». Quand ils sont bien faits, ils peuvent être l'un et l'autre corrects mais ils ne disent pas la même chose. Ils ne semblent pas évoquer le même monde. Ils donnent à voir des aspects largement incommensurables. Ils suggèrent des partitions irréductibles.

Il n'est pas même évident que le territoire existe en tant que tel. Il ne va pas de soi qu'un objet ou un étant sous-jacent, unique et déterminé, puisse être pensé ou envisagé sereinement. Il est urgent de n'avoir pas peur de faire face à la complexité. Si un danger peut effectivement accompagner chaque démarche déconstructrice, il me semble constituer un moindre mal face à la créance impérieuse en une vérité détenue qui, l'histoire le rappelle sans cesse, est toujours une illusion naïve. Aux conséquences parfois dramatiques.

Le grand philosophe et mathématicien *Bertrand Russell* n'eut de cesse de rappeler l'importance d'un désir inconditionnel de vérité comme voie de dépassement des croyances trompeuses et des convictions erronées. Il avait en cela évidemment raison. Mais il ne faut pas oublier que se croire détenteur de la Vérité – ou même arpenteur d'un chemin unique qui y mènerait – constitue l'autre piège, plus insidieux et tout aussi dommageable. Dans les deux cas, surgit le même risque d'une perte de porosité aux modalités innombrables d'un réel qui ne laisse jamais assigner sans équivoque. Entre *Charybde* et *Sylla*, un mince bras de mer s'ouvre à notre sagacité. La navigation y est périlleuse et exige beaucoup d'humilité et de rigueur.

### Références :

- Barrau A.*, « De la vérité dans les sciences », éd. Dunod, 2016
- Barrau A., Nancy J.-L.*, « Dans quels mondes vivons-nous », éd. Galilée, 2011
- Barrau A.*, « Des univers multiples », éd. Dunod, 2017
- Boghossian P.*, « La peur du savoir. Sur le relativisme et le constructivisme de la connaissance », éd. Agone, 2009
- Derrida J.*, « Apories », éd. Galilée, 1996
- Feyerabend P.*, « Contre la méthode », éd. Seuil, 1988



## FIDUCIAIRE MICHEL FAVRE SA

Une fiduciaire à votre service pour vous et votre cabinet !  
Prenez contact avec nos spécialistes :

### Fiduciaire Michel Favre SA

Route de Berne 52 / CP 128

1000 Lausanne 10

Tél. 021 651 33 00 Fax. 021 651 33 01

contact@fiduciaire-favre.ch

www.fiduciaire-favre.ch

- Ouverture, transmission d'un cabinet de physiothérapie et association
- Conseil et organisation d'un cabinet
- Comptabilité et déclaration fiscale du cabinet
- Conseils juridiques et fiscaux personnalisés
- Planification financière et pérennité de votre patrimoine
- Planification successorale



## Gymna Tables de Massage, 50 années d'expérience!



art.n.r. 802.076 © GymnaUniphy 2017

Votre distributeur:

 **ratio**

Ratio AG  
Ringstraße 25  
CH Kriens/LU

Tél. 041 241 04 04  
Fax 041 241 04 06

[info@ratio.ch](mailto:info@ratio.ch)

[www.ratio.ch](http://www.ratio.ch)

DÉCOUVREZ NOS OFFRES SPÉCIALES



Nous sommes fiers de vous informer que nous célébrons notre 50<sup>e</sup> anniversaire cette année. *Rendez-vous sur [www.ratio.ch](http://www.ratio.ch) et trouvez toutes nos offres spéciales!*

[gymna.com](http://gymna.com)

**gymna**<sup>®</sup>



W I N T E C A R E<sup>®</sup>

**Réduire le temps et le coût de la thérapie est essentiel aujourd'hui pour augmenter le succès clinique...**

Formation, technologie, connaissance et engagement réunis dans un seul but: pouvoir vous aider à améliorer vos résultats thérapeutiques.

### **T-Plus est le chef-d'œuvre de WINTECARE.**

De longues années d'expérience dans la technologie Tecar WINTECARE ont permis d'atteindre des performances inégalées dans la rapidité de la régénération tissulaire. La performance maximale et l'action en profondeur stimulent de manière ciblée et effective la réaction endogène comme la circulation sanguine, l'oxygénation, la thermogenèse et le drainage lymphatique. Un appareil qui met en valeur l'expérience et la capacité des spécialistes qui l'utilisent.

**DONNEZ DE LA VALEUR À VOTRE TEMPS ! DONNEZ DE LA VALEUR À VOS RÉSULTATS.**



**MTR**Health&Spa

**MTR – HEALTH & SPA SA**

Fällmisstrasse 64 - CH-8832 Wilen b. Wollerau

Tél. 044 787 70 80 - info@mtr-ag.ch - www.mtr-ag.ch

Vente et conseils dans la Romandie : Tél. 079 549 08 55

www.wintecare.ch