

# MAINS

physiothérapie – ostéopathie – thérapies manuelles

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

# Libres



- Courses d'ultra-endurance: conséquences pour la santé
- Pré-orthodontie pédiatrique et ostéopathie
- Mesure dynamométrique de la force en flexion – extension du genou
- Jeux vidéo interactifs pour les enfants atteints de mucoviscidose
- Méthodologie: fiabilité d'un test, d'une mesure
- CQFD: L5 et le sexe...

En partenariat avec



**N° 2**  
Juin 2017



# THÉRAPIE OPTIMISÉE !

SISSEL® : AIDES POUR VOS PATIENTS



RÉUSSITE DE VOTRE TRAITEMENT

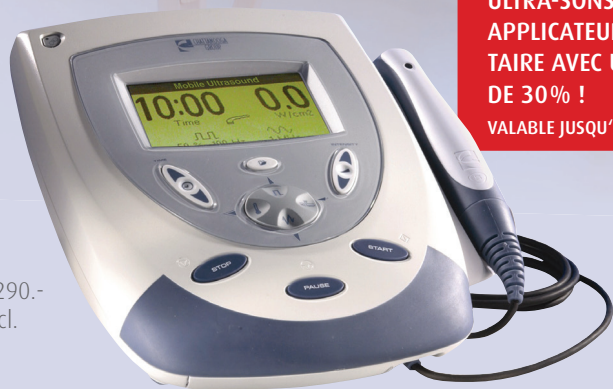


VOTRE EQUIPEMENT PROFESSIONNEL

## 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.

CHF 1'290.-  
TVA excl.



POUR TOUTE COMMANDE  
D'UN INTELECT MOBILE  
ULTRA-SONS, RECEVEZ UN  
APPLICATEUR SUPPLÉMENTAIRE  
AVEC UN RABAIS  
DE 30% !

VALABLE JUSQU'AU 31.12.2017

 **chattanooga™**





03 ///

**Sommaire + Impressum**

05 ///

**Editorial**

Mains Libres et esprit ouvert

F. Fourchet

06 ///

**Dans ce numéro...**

09 ///

**Les effets immédiats des courses d'ultra-endurance : état des lieux et conséquences pour la santé**

G. Millet, P. Balducci

19 ///

**Pré-orthodontie pédiatrique : approche ostéopathique en complément**

T. Kaluzny

29 ///

**La force isométrique maximale de la flexion et de l'extension du genou à l'aide d'un dynamomètre manuel : une étude de reproductibilité**

C. Indermühle, D. Henguely, A-G. Mittaz Hager

39 ///

**L'intérêt des jeux vidéo interactifs pour l'activité physique des enfants atteints de mucoviscidose**

A. Lattion, A. Heymes, O. Contal

49 ///

**Fiabilité d'un test, d'une mesure ou d'une procédure d'évaluation**

P. Vaucher

56 ///

**Agenda**

57 à 59 ///

**Lu pour Vous**

60 ///

**CQFD: On m'appelle «5»..., «L5» (5)**

Y. Larequi

62 ///

**Programme de formation continue Mains Libres**

Image de couverture :  
© Ardijatree / fotolia.com

[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°:** Claude Pichonnaz

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

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

**Rédacteurs:** Claude Pichonnaz (claudio.pichonnaz@mainslibres.ch), Walid Salem (walid.salem@mainslibres.ch), Claude Gaston (claudio.gaston@mainslibres.ch), François Fourchet (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 ou 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

## Mains Libres et esprit ouvert

**François Fourchet (PT, PhD)**

Meyrin

Rédacteur de Mains Libres

Senior Physiotherapist

Motion Analysis Laboratory

Hôpital de la Tour, Genève

En ouverture du premier numéro de 2017, *Yves Larequi* m'avait très gentiment présenté aux lecteurs de *Mains Libres*. Il était question dans cette petite biographie d'analyse du mouvement et de course à pied – en somme, surtout de physio du sport; une branche certes assez médiatisée de nos professions, mais finalement un peu marginale, si l'on considère le large spectre de compétences des physiothérapeutes, des ostéopathes et des thérapeutes manuels en général.

Ceci est pourtant un signe de notre époque et une tendance bien marquée pour notre métier comme pour tant d'autres : la spécialisation... Soit par nécessité, soit par goût ou par vocation, si l'on souhaite devenir « expert » dans un domaine. Comme l'écrivait *Ambrose Bierce*: « *Un spécialiste, c'est quelqu'un qui sait tout sur quelque chose et rien sur tout le reste* »... certes; mais les informations toujours plus nombreuses, les canaux de transmissions de la connaissance toujours plus rapides... et des patients toujours plus informés par Internet sur notre pratique (à défaut de souvent l'être mieux...) nous obligent parfois à réduire notre champ d'action pour « rester au top » comme l'on dit. Comme, de plus, on ne fait bien que ce qu'on fait souvent, paraît-il, tout converge vers ce relatif confinement.

Il est néanmoins intéressant de se poser la question : cette tendance est-elle inéluctable ? Probablement que oui dans notre pratique quotidienne pour les raisons évoquées plus haut, pour les besoins d'un service parfois ou par choix délibéré... Mais certainement que non si l'on considère un autre aspect, celui de nos choix de lecture, de congrès et autres activités professionnelles « non alimentaires ».

Nous étions par exemple, *Yves* et moi, il y a quelques semaines aux Journées Francophones de la Physiothérapie. Ce congrès est l'aboutissement d'une collaboration entre 7 associations de physiothérapie, groupes d'intérêts ou autres organisations. Il a donné lieu à plus de 200 présentations par des chercheurs ou des cliniciens européens ou internationaux sur des sujets de neurologie, cardio-respiratoire, gériatrie, pathologies musculo-squelettiques ou encore santé publique, pédiatrie ou rééducation vestibulaire. Le tout devant quelques 1500 participants majoritairement étudiants ou jeunes diplômés : une vraie cure de jouvence ... et de diversité ! Comme beaucoup d'entre nous, j'ai cette habitude de me rendre aux conférences très spécifiques traitant des sujets qui m'intéressent au quotidien, mais au final, cela fait du bien d'écouter des orateurs de qualité sur des sujets variés et inhabituels dans le cadre d'une conférence pluridisciplinaire; c'est un peu contraignant au dé-

but, mais *Saint-Exupéry* avait raison : « *La contrainte te délivre et t'apporte la seule liberté qui compte* » ... et l'on finit par se (re)prendre au jeu !

La contrainte en moins (enfin nous l'espérons de tout cœur pour nos lecteurs !), *Mains Libres* poursuit cette mission de transmission de la connaissance en alliant qualité et diversité, spécificité de chaque article et multidisciplinarité dans chaque numéro. Cette nouvelle mouture n'échappe pas à la règle et fait la part belle à de nombreuses thématiques.

Nous partons d'abord en montagne en compagnie du Professeur *Grégoire Millet* afin de mieux appréhender les multiples questionnements relatifs aux conséquences à court, moyen ou long terme des formats « extrêmes » de trail sur la santé des pratiquants; nous y apprendrons par exemple que paradoxalement, la basse intensité de course observée lors des très longues épreuves semble de nature à limiter certains dommages musculaires ou cardiaques. L'ostéopathie ne sera pas en reste et *Thomas Kaluzny* nous expliquera l'importance de son art dans le domaine de la pré-orthodontie pédiatrique, notamment en normalisant les forces de compression au niveau des sutures crâniennes, en restituant la juste fonction de certains muscles faciaux, et en corrigeant la déglutition infantile. Deux articles de physiothérapie viendront prendre la suite. Tout d'abord, *Caroline Indermühle*, *Dunja Henguely*, et *Anne-Gabrielle Mittaz Hager* nous proposeront une évaluation de la reproductibilité de la force isométrique maximale de la flexion et de l'extension du genou à l'aide d'un dynamomètre manuel. Il sera plaisant de constater qu'un outil d'un prix abordable et facilement utilisable en cabinet est fiable chez la personne saine pour obtenir une mesure objective de la force, sous certaines conditions rigoureuses d'utilisation bien sûr. Ensuite, *Audrey Lattion*, *Anaëlle Heymes* et *Olivier Contal* discuteront de l'intérêt des jeux vidéo interactifs lors de l'activité physique pour les enfants atteints de mucoviscidose et leurs résultats suggèrent que ce type d'activité semble être un bon moyen de diminuer les comportements sédentaires. C'est enfin à *Paul Vaucher* qu'il appartiendra de conclure en nous rappelant combien il est important de bien comprendre ce qu'est la notion de fiabilité et comment elle se mesure. Cet article présente quelques concepts de base tels que la fiabilité absolue, la fiabilité relative et la cohérence interne, concepts majeurs pour décider de la place à accorder aux tests cliniques.

Je vous souhaite une bonne lecture de ce nouveau numéro de *Mains Libres*, peut-être en spécialistes... mais l'esprit ouvert !





# » Dans ce numéro...

Mains Libres, 2-2017; 09-16 ///

## Les effets immédiats des courses d'ultra-endurance : état des lieux et conséquences pour la santé

G. Millet, P. Balducci

**Introduction :** le récent développement des compétitions d'ultra-trail en milieu montagnard s'accompagne de multiples questionnements relatifs aux conséquences potentiellement délétères à court, moyen ou long terme de ces formats « extrêmes » sur la santé des traileurs. Cet article a pour but de faire un état des lieux des connaissances actuelles sur les réponses inflammatoires et hématologiques induites par ces compétitions d'ultra-trail et les conséquences en termes de fatigue cardiaque, neuromusculaire ou de troubles gastro-intestinaux.

**Développement :** l'état des lieux est réalisé au moyen d'une revue pragmatique de la littérature, qui reste parcellaire dans ces domaines. Seules les réponses aiguës seront évoquées en raison du manque de recul actuel sur les effets à long terme. De manière générale, il s'avère que les efforts d'ultra-endurance s'accompagnent d'une forte inflammation qui a des effets importants sur plusieurs systèmes physiologiques de l'organisme.

**Discussion :** ces résultats soulèvent de nombreuses questions de prévention et de gestion de l'entraînement. Alors que les effets à court terme commencent à être mieux investigués, les implications sur la santé à long terme restent peu connues.

**Conclusion :** les réactions physiologiques associées à la course d'ultra-endurance en montagne sont très spécifiques à ce type d'effort et sont différentes de celles observés lors des courses sur route sur les distances traditionnelles (par exemple, marathon). La nocivité potentielle des effets observés reste à déterminer. Paradoxalement, la basse intensité de course observée lors des très longues épreuves semble de nature à limiter certains dommages musculaires ou cardiaques. Des études longitudinales devront investiguer les effets de l'ultra-endurance de montagne sur la santé des pratiquants, en particulier sur l'appareil ostéo-articulaire.



Mains Libres, 2-2017; 19-26 ///

## Pré-orthodontie pédiatrique : approche ostéopathique en complément

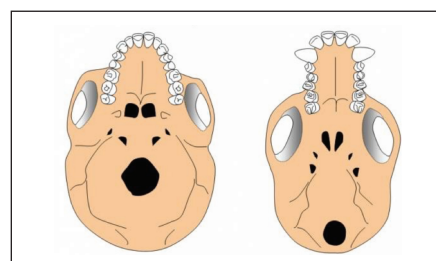
T. Kaluzny

**Introduction :** cette revue narrative a pour objectifs de mettre en lumière les dysfonctions oro-faciales ainsi que leurs possibles impacts sur le développement crânio-facial et orthodontiques chez l'enfant. La répercussion d'une asymétrie orthodontique sur la posture sera abordée à travers le modèle mandibulo-vertébral expérimental proposé dans cet article.

**Développement :** l'approche ostéopathique s'appuie sur des travaux de recherches effectués depuis plus de 40 ans par des dentistes, orthodontistes et chirurgiens maxillo-faciaux. Il s'agit de normaliser les forces de compression au niveau des sutures crâniennes (site de croissance osseuse chez l'enfant), de restituer la juste fonction de certains muscles faciaux, et enfin de corriger une déglutition infantile responsable en grande partie du manque de développement transversal des os maxillaires, le tout en s'assurant que la posture de l'enfant en pleine croissance ne subisse pas la pathologie orthodontique déjà présente. Une asymétrie orthodontique a potentiellement un impact sur l'équilibre de la colonne vertébrale. Des facteurs de risques tels que respiration buccale et habitudes de succion (pouce, lolette) entravent fortement le bon développement crânio-facial de l'enfant. Cette approche est illustrée par le cas clinique d'un enfant présentant une occlusion croisée et une classe II unilatérale ainsi qu'une adaptation posturale à son asymétrie occlusale.

**Discussion :** les résultats sont très encourageants car la pathologie orthodontique a été corrigée à travers la rééducation myofonctionnelle. L'apport de techniques ostéopathiques dans le suivi de tels cas devrait être étudié plus en détail par de futurs travaux. Le concept mandibulo-vertébral proposé mériterait également d'être approfondi par des études car il pourrait représenter un modèle type d'adaptation posturale dans les cas descendants et s'avérer bénéfique dans la pratique quotidienne.

**Conclusion :** l'approche pré-orthodontique pédiatrique est une prise en charge minimalement invasive et précoce qui a fait ses preuves depuis de nombreuses années déjà. Elle devrait être conduite de manière pluridisciplinaire afin de mieux prévenir les risques liés à l'apparition de dysfonctions oro-faciales. Cette approche, ainsi que le modèle mandibulo-vertébral expérimental proposé sont compatibles avec une vision holistique de l'ostéopathie.



Mains Libres, 2-2017; 29-37 ///

### La force isométrique maximale de la flexion et de l'extension du genou à l'aide d'un dynamomètre manuel: une étude de reproductibilité

C. Indermühle, D. Henguely, A-G. Mittaz Hager

**Introduction:** l'évaluation de la force musculaire est un élément essentiel de la prise en charge physiothérapeutique. Le testing manuel se révèle subjectif et peu précis pour quantifier la force lorsqu'elle est élevée. L'objectivité est pourtant nécessaire et dépend de la qualité des mesures. Les dynamomètres manuels, tels que le microFET2 ont été développés afin d'évaluer l'efficacité des traitements de manière objective. L'objectif est d'évaluer la reproductibilité intra et inter-examineur du dynamomètre microFET2, pour les mesures de la force isométrique maximale des fléchisseurs et des extenseurs du genou.

**Méthode:** l'étude s'est déroulée à l'école de physiothérapie de Loèche-les-Bains, avec un échantillon de 30 participants. Afin que les résultats puissent être applicables à d'autres physiothérapeutes, la fiabilité intra et inter-examineur a été analysée à l'aide de l'ICC<sub>2,k</sub> (2-way-random-model). La fiabilité absolue a été évaluée par l'erreur standard de mesure (SEM) et le changement détectable minimal (SDD).

**Résultats:** les valeurs ICC<sub>2,k</sub> pour la fiabilité intra-examineur, sont de 0,92 [IC 95% 0,82-0,96] pour la flexion et de 0,99 [IC 95% 0,98-0,99] pour l'extension. Pour la fiabilité inter-examineur les valeurs ICC<sub>2,k</sub> se situent entre 0,95-0,96 pour la flexion et à 0,96 pour l'extension (p < 0,05).

**Discussion et Conclusion:** le dynamomètre manuel MicroFET2 présente une excellente reproductibilité pour les mouvements testés avec un protocole standardisé. Cet outil de mesure d'un prix abordable est facilement utilisable dans la pratique quotidienne des physiothérapeutes.

Mains Libres, 2-2017; 39-48 ///

### L'intérêt des jeux vidéo interactifs pour l'activité physique des enfants atteints de mucoviscidose

A. Lattion, A. Heymes, O. Contal

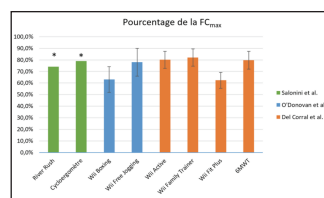
**Introduction:** l'activité physique fait partie intégrante de la prise en charge du patient atteint de mucoviscidose. Cependant, il semble difficile pour les patients de pratiquer une activité physique régulière. L'objectif de cette revue de littérature est de déterminer si l'intensité atteinte lors de différents jeux vidéo interactifs est comparable à des activités physiques plus traditionnelles.

**Méthodes:** cinq bases de données ont été consultées entre septembre 2015 et février 2016. Les études ont été retenues si la population cible était des enfants de six à dix-huit ans et l'intervention basée sur un jeu vidéo interactif. Les articles publiés avant 2010 n'ont pas été inclus.

**Résultats:** trois études ont répondu aux critères d'inclusion: deux études observationnelles et une étude cas-témoin. Nous obtenons deux catégories de jeux. Pour les jeux de basse intensité (Wii Boxing et Wii Fit Plus), la FC atteinte est entre 62 et 63% de la FCmax théorique. Concernant les jeux d'intensité modérée (River Rush, Wii Jogging, Wii Active et Wii Family Trainer), la FC s'élève de 74 à 82%.

**Discussion:** les jeux vidéo apparaissent comme étant d'une intensité similaire aux activités physiques traditionnelles, tout en étant plus divertissants. Les faibles échantillons et les fonctions pulmonaires relativement préservées des sujets ne permettent pas de généraliser les résultats à l'ensemble de la population cible.

**Conclusion:** des études contrôlées randomisées sont indispensables pour valider ces premiers résultats. Les jeux vidéo semblent néanmoins un bon moyen de diminuer les comportements sédentaires.

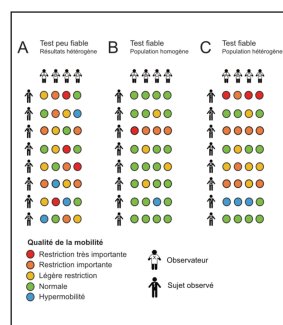


Mains Libres, 2-2017; 49-55 ///

### Fiabilité d'un test, d'une mesure ou d'une procédure d'évaluation

P. Vaucher

Les notions de fiabilité sont essentielles pour mieux décider de la place que l'on veut accorder aux tests cliniques. En thérapies manuelles, les observations empiriques semblent suggérer que la plupart des tests cliniques sont bien plus complexes que ce que l'on croyait. Ils ne répondent apparemment pas à un modèle dichotomique définissant la présence ou l'absence d'une dysfonction somatique. L'exploration des dimensions plus complexes de nos tests pourrait nous aider à mieux comprendre le manque de cohérence des interprétations entre observateurs. En définissant plus clairement ce que l'on mesure et en standardisant la méthode de nos tests cliniques, on peut espérer réduire leurs erreurs et améliorer leur fiabilité. Plus que jamais, il semble donc important de bien comprendre ce qu'est la fiabilité et comment nous la mesurons. Cet article présente quelques concepts de base tels que la fiabilité absolue, la fiabilité relative et la cohérence interne.





# A REMETTRE

## CABINET DE PHYSIOTHÉRAPIE ET/OU OSTÉOPATHIE ET/OU AUTRES PROFESSIONS DE SOINS, CLÉS EN MAINS

Adresse :

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

**Convierait pour 2 ou 3 thérapeutes**

**Situation de premier plan :**

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

**Matériel :**

tables de soins électriques, Orthotron KT2 (isocinétique), US,  
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

**Contact / renseignements :** [y.larequi@vtx.ch](mailto:y.larequi@vtx.ch)



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

INNOVATION e-santé

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

Rééducation 3D

Mesure objective des déficits  
& performances des chevilles.

Proprioception / force / travail fonctionnel

**Démonstration  
gratuite sur demande**

\*Clinical Biomechanics Déc 2016. Assessment of evertor weakness in patients with chronic ankle instability : Functional versus isokinetic testing.  
Romain Terrier, Francis Degache, François Fourchet, Boris Gojanovic, Nicolas Forestier

MYOLUX  
**medik**  
e-volution

Capte les performances  
au coeur de la cheville.



**ICCPHYSIO**  
Innovation - Conception - Conseil  
pour la physiothérapie

04 79 25 71 00  
[contact@iccphysio.com](mailto:contact@iccphysio.com)

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



# Les effets immédiats des courses d'ultra-endurance : état des lieux et conséquences pour la santé

## Short-term effects of ultra-trail : state-of the art and consequences on health

GRÉGOIRE MILLET (PhD)<sup>(1)</sup>, PASCAL BALDUCCI (PhD)<sup>(2)</sup>

1 Institut des sciences du sport de l'Université de Lausanne (ISSUL), Université de Lausanne (UNIL), Lausanne, Suisse

2 Laboratoire Inter Universitaire de Biologie de la Motricité de Lyon (LIBM), Université Claude Bernard Lyon 1 et Université Jean Monnet Saint Etienne, Lyon, France

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

### Keywords

Ultra-marathon, ultra-distance, fatigue, inflammation

### Mots clés

Ultra-marathon, ultra-distance, fatigue, inflammation

### Abstract

**Introduction:** the recent development of mountain ultra-marathon (MUM) competitions raises several questions to the health professionals, the runners and the sport scientists concerning the potentially deleterious short-, mid- or long-term consequences of these «extreme» events. This article aims to present an update on inflammatory and hematological responses to MUM, and their consequences on cardiac and neuromuscular fatigue and gastrointestinal disorders.

**Development:** a pragmatic review of the literature was conducted for this update, as the scientific body of knowledge remains fragmented in these areas. Only the acute responses will be addressed because the data on long-term effects are insufficient to date. Overall, it can be stated that ultra-endurance events induce a large inflammation with severe effects on several physiological functions.

**Discussion:** these results raise many issues concerning the prevention and the training management. While short-term effects are beginning to be better investigated, long-term health implications remain uncertain.

**Conclusion:** the physiological mechanisms associated to MUMs are very specific and widely different from those observed in shorter distance road running races (marathon for example). To date, it remains difficult to estimate how deleterious these events are on the runners' health. Paradoxically, the very low exercise intensity observed during very long races might limit some muscular or cardiac damages. Further longitudinal studies are needed to understand better the effects of MUMs on the runners' health, including also the osteo-joint system.

### Résumé

**Introduction:** le récent développement des compétitions d'ultra-trail en milieu montagnard s'accompagne de multiples questionnements relatifs aux conséquences potentiellement délétères à court, moyen ou long terme de ces formats «extrêmes» sur la santé des traileurs. Cet article a pour but de faire un état des lieux des connaissances actuelles sur les réponses inflammatoires et hématologiques induites par ces compétitions d'ultra-trail et les conséquences en termes de fatigue cardiaque, neuromusculaire ou de troubles gastro-intestinaux.

**Développement:** l'état des lieux est réalisé au moyen d'une revue pragmatique de la littérature, qui reste parcellaire dans ces domaines. Seules les réponses aiguës seront évoquées en raison du manque de recul actuel sur les effets à long terme. De manière générale, il s'avère que les efforts d'ultra-endurance s'accompagnent d'une forte inflammation qui a des effets importants sur plusieurs systèmes physiologiques de l'organisme.

**Discussion:** ces résultats soulèvent de nombreuses questions de prévention et de gestion de l'entraînement. Alors que les effets à court terme commencent à être mieux investigués, les implications sur la santé à long terme restent peu connues.

**Conclusion:** les réactions physiologiques associées à la course d'ultra-endurance en montagne sont très spécifiques à ce type d'effort et sont différentes de celles observés lors des courses sur route sur les distances traditionnelles (par exemple, marathon). La nocivité potentielle des effets observés reste à déterminer. Paradoxalement, la basse intensité de course observée lors des très longues épreuves semble de nature à limiter certains dommages musculaires ou cardiaques. Des études longitudinales devront investiguer les effets de l'ultra-endurance de montagne sur la santé des pratiquants, en particulier sur l'appareil ostéo-articulaire.





## Introduction

« Trail » est le terme le plus couramment utilisé en français pour désigner la course à pied en pleine nature. « Trail » désigne également un type de compétition sportive, dont la définition et la règle varient en fonction des différentes fédérations ou associations qui régissent la discipline. Cet anglicisme dérivant de l'expression américaine « trail running », signifiant littéralement « course à pied sur sentier », s'est tellement popularisé que l'oxymore « trail urbain » est pleinement admis pour désigner des courses populaires organisées au sein et à proximité des grandes villes, comme l'Ecotrail® de Paris (parcours péri-urbain et urbain, 13'000 coureurs en 2016).

L'athlète pratiquant ce sport est appelé traileur (traileuse au féminin). La croissance exponentielle du nombre de pratiquants (actuellement 350'000 à 500'000 pratiquants hors course sur route dont 100'000 traileurs assidus en Suisse) et d'épreuves (2500 courses officielles de trail en 2016) au cours des deux dernières décennies<sup>(1)</sup> nous interroge sur les fondements sociaux de ce phénomène : est-il associé à une saturation pour la course sur route, à un besoin de nature ressenti dans nos sociétés occidentales toujours plus industrialisées, à un besoin de repousser ses limites, à une quête de sens, à un effet de mode ? Les causes potentielles sont multiples. La course en nature comme mode de locomotion nous ramène à l'évolution singulière de l'espèce humaine, qui chassait ses proies par épuisement il y a 200'000 ans grâce à d'exceptionnelles capacités d'endurance<sup>(2)</sup>.

La Suisse romande est un terrain de jeu exceptionnel pour la course à pied avec une histoire riche tant sur la route (Morat-Fribourg, 17 km, née en 1933) qu'en montagne (Sierre-Zinal, née en 1974, 31 km, doyenne des épreuves de montagne). En parallèle aux nombreuses courses populaires traditionnelles qui sont organisées de longue date, on a observé une grande augmentation des courses d'ultra-endurance : la course légendaire des « 100 km de Bienne », qui fête sa 59<sup>e</sup> édition en 2017, a été une course pionnière dans ce domaine. Le développement de l'ultra-trail en montagne (ou MUM, Mountain Ultra-Marathon) est paradoxalement plus récent en Suisse romande qu'en France voisine, mais il existe maintenant des épreuves prestigieuses telles que le X-Alpine Verbier-Saint Bernard, qui comprend 111 km avec 8400 m de dénivelé positif (D+), le Swiss peak Trail (170 km, 11'300 m D+, arrivée aux Bouverets) ou encore le MEXtrem 160 (165 km, 13'600 m D+ depuis Montreux).

L'apparition d'épreuves de course de ce nouveau genre s'est accompagnée de la création d'une classification capable de rendre compte du niveau d'endurance requis pour chacune des épreuves. En 2013, une fédération internationale, l'International Trail Running Association (I.T.R.A.), a été créée et propose la classification suivante :

- Trail : Moins de 42 km
- Trail Ultra Medium (M) : 42 km à 69 km
- Trail Ultra Long (L) : 70 km à 99 km
- Trail Ultra X Long (XL) : plus de 100 km

Si les effets positifs de la course à pied sont largement reconnus pour les courses d'endurance classiques de moins de 42 km,<sup>(3, 4)</sup> il n'en va pas de même pour les courses d'ultra-endurance qualifiées d'extrêmes, pour lesquelles peu de données concernant les bienfaits et les risques sont disponibles. Par conséquent, ces nouvelles formes d'épreuves d'endurance posent aux personnes concernées par la pratique, la préparation et la santé des coureurs de nombreuses interrogations inédites.

Pour le corps médical, il s'agit de s'interroger sur :

- La façon de médicaliser et sécuriser des épreuves se déroulant en milieu alpin, parfois difficile d'accès, soumis aux aléas climatiques de la haute-montagne et avec des coureurs pouvant aller jusqu'à l'épuisement<sup>(5)</sup>.
- La nature des séquelles associées à ces pratiques sur l'appareil ostéo-articulaire à moyen et long-terme<sup>(6)</sup>
- Les risques de troubles ou d'incidents cardiaques (e.g. fibrillation ? dysfonction ventriculaire ?)<sup>(7, 8)</sup>
- La prévention et la régulation de l'automédication, notamment de la prise d'anti-inflammatoires, pour les adeptes de ces courses

Pour les coureurs et les entraîneurs, les questions à résoudre concernent essentiellement :

- Les déterminants de la performance en MUM<sup>(9, 10)</sup>
- Les facteurs de blessures<sup>(11)</sup>
- Les méthodes d'entraînement et de récupération<sup>(12)</sup>
- Les bonnes manières en termes d'alimentation et d'hydratation<sup>(13, 14)</sup>

Finalement, pour les scientifiques, l'ultra-trail est un modèle expérimental qui permet d'investiguer, chez des sujets sains, des mécanismes associés à des états extrêmes de fatigue et d'inflammation<sup>(15)</sup>, ainsi que les cinétiques d'adaptations ou d'altérations des principales fonctions physiologiques pendant la compétition et lors la récupération consécutive à l'épreuve.

Globalement, la question transversale à l'ensemble des acteurs consiste à estimer les risques à court, moyen et long terme pour la santé.

Afin de répondre à ces questions, des études scientifiques ont été principalement menées sur trois courses différentes :

- la Western States Endurance Run (WSER) aux Etats-Unis<sup>(16-19)</sup>
- l'Ultra Trail du Mont Blanc (UTMB®) en France<sup>(20-24)</sup>
- le Tor des Géants (TdG) en Italie<sup>(25-30)</sup>

Du fait du développement récent de ce type d'épreuve (l'UTMB® est apparu en 2003, le TdG en 2010), il n'est pas possible

d'avoir le recul suffisant pour répondre à la question des effets à long-terme. Seules des études épidémiologiques conduites sur des populations d'ultra-traileurs avec plusieurs décennies de pratique régulière permettront de le faire. Dans cet article, nous aborderons les effets observés à court et moyen terme sur les systèmes musculo-squelettique, cardio-vasculaire, neurologique et digestifs des traileurs. Nous ne traiterons pas en revanche dans ce volet de la question des blessures de l'appareil locomoteur en ultra-trail, qui relèvent de la pathologie du système musculo-squelettique et non pas des réactions physiologiques de l'organisme à l'effort extrême.

Par rapport aux distances plus courtes (jusqu'au marathon), les épreuves d'ultra-distance de course à pied – que ce soit en montagne ou pas – se caractérisent principalement par trois mécanismes à la base de la majorité des altérations observées :

1. Premièrement, une très forte inflammation générale, induite en partie par la lyse musculaire. Celle-ci survient lors des parties de course en descente avec une forte contrainte excentrique au niveau des fléchisseurs plantaires (triceps sural principalement) ou des extenseurs du genou (quadriceps) <sup>(31-35)</sup>.
2. Deuxièmement, une intensité d'exercice très faible en termes de vitesse de course/marche, de fréquence cardiaque, de volume ventilé et de consommation d'oxygène. La vitesse est inversement proportionnelle à la distance parcourue <sup>(36)</sup>, et se situe entre 50 et 65 % de la vitesse maximale aérobie (VMA) selon les distances.
3. Enfin, une fatigue « générale » importante, induite par la course elle-même (distance, dénivelé, vitesse), ainsi que, par des facteurs « périphériques ». Dans certaines épreuves, la privation de sommeil, les conditions climatiques alpines, et l'altitude par exemple jouent un rôle prépondérant. <sup>(37-39)</sup>

Ces trois mécanismes sont très particuliers et influencent de nombreuses fonctions physiologiques. Cet article, en s'appuyant sur les résultats d'études publiées dans les meilleures revues internationales à comité de lecture de physiologie du sport, vise à faire un état des lieux des effets immédiats qualifiés d'aigus (c'est-à-dire pendant et immédiatement après une épreuve de type MUM) ou à court-terme de ces trois mécanismes sur différentes fonctions physiologiques. En nous basant sur les paramètres qui ont été investigués à ce jour, nous présenterons les connaissances actuelles des effets des épreuves d'ultra-endurance sur les réponses inflammatoires, les modifications hématologiques, la fatigue cardiaque, la fatigue neuromusculaire et les troubles gastro-intestinaux.

## Développement

### Réponses inflammatoires

Les ultra-trails en montagne se caractérisent notamment par de nombreuses portions de course en descente. Celles-ci soumettent le quadriceps et le triceps sural à de très fortes contractions excentriques, en particulier au début des phases d'appui (phase de freinage immédiatement après le contact initial du pied au sol). Ces contractions musculaires servent à

absorber les contraintes, en ralentissant la vitesse de descente du centre de masse et en amortissant l'impact au moment du contact du pied avec le sol <sup>(40)</sup>. Ces contractions excentriques sont connues pour créer des lésions structurelles importantes au niveau des sarcomères. C'est la raison pour laquelle les marqueurs de dommages musculaires (comme par exemple la Myoglobine ou la Créatine Kinase) ou d'inflammation (CRP) sont très fortement augmentés au niveau plasmatique lors de n'importe quel MUM, et même après une simple et unique descente chez des sujets non spécialistes <sup>(41)</sup>.

Il semble que la distance ne soit pas le facteur le plus important de la lyse musculaire <sup>(20)</sup>. Les études montrent que ces réponses inflammatoires dépendent principalement de l'entraînement (part du travail excentrique dans la charge), de la proportion entre les parties marchées et les parties courues, ainsi que la vitesse de course. Ainsi, il a été montré que les marqueurs de lyse musculaire ou d'inflammation sont 2-3 fois plus élevés après l'ultra Trail du Mont Blanc comparativement au Tor des Géants qui est 2 fois plus long (CK : 3700 vs 13600 IU.L-1 pour le TdG et l'UTMB respectivement) <sup>(20, 26, 28)</sup>.

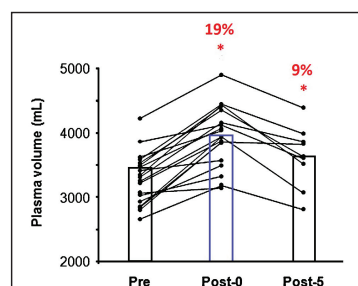
L'inflammation associée à la réalisation des épreuves d'ultra-endurance s'accompagne très souvent d'une augmentation importante des volumes hydriques et en particulier de l'eau extracellulaire, ce qui se traduit par des œdèmes observés au niveau de la face ou du membre inférieur (Figure 1).



› Figure 1 : exemples d'œdèmes faciaux ou distaux après le Tor des Géants (remerciement à Antoine Guillon, Christophe Le Saux et Guillaume Millet)

Ce transfert d'eau du milieu intra- vers le milieu extra-cellulaire est très spécifique des MUM. L'œdème résultant de cette inflammation semble altérer la contraction musculaire, en particulier au niveau des mollets, où il y peut y avoir des œdèmes très prononcés concomitamment à une baisse importante de la force des fléchisseurs plantaires (25 à 40% de baisse de la force volontaire, selon les MUM) <sup>(20, 26, 28)</sup>. Il semble que les mécanismes œdémateux soient maximaux 2-3 jours après le MUM.

En fait, on observe généralement soit une très légère perte de masse totale, sur les MUM les plus longs, soit une augmentation directement induite par cette augmentation des volumes hydriques résultant de l'œdème périphérique (Figure 2).



› Figure 2 : variation du volume plasmatique observée entre avant (Pre), immédiatement après (Post-0) ou 5 jours (Post-5) l'arrivée de l'UTMB <sup>(22)</sup>



En plus des œdèmes périphériques, les MUMs provoquent également une augmentation du volume plasmatique, c'est-à-dire du volume liquidien contenu dans le sang circulant hors cellules sanguines, qui subsiste pendant plusieurs jours (22). Cet œdème, résultat visible de l'inflammation, a des conséquences importantes au niveau cardiaque, musculaire et cérébral.

### Réponses cardiaques

Au niveau cardiaque, on observe (Figure 3) une augmentation des volumes cavitaires, phénomène à mettre en lien avec un meilleur remplissage des cavités cardiaques, qui va s'accompagner d'une augmentation du volume d'éjection systolique et d'une baisse de la fréquence cardiaque. Ainsi l'augmentation des volumes cavitaires permet de limiter la fatigue cardiaque sur la durée, car elle permet au muscle cardiaque de fonctionner à une fréquence de contraction plus basse que celle qui est attendue relativement à la vitesse de déplacement du coureur (42).

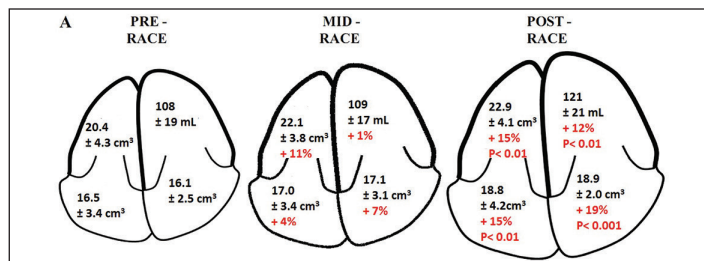


Figure 3 : variation des volumes myocardiques observée entre avant (Pre-Race), à mi-course (150<sup>e</sup> km; Mid-Race) et immédiatement après (Post-Race) l'arrivée du TdG (25)

Ces modifications hémodynamiques associées à la baisse de fréquence cardiaque se traduisent par une fatigue cardiaque beaucoup plus faible sur les MUM que sur des épreuves d'endurance plus courtes (marathon, triathlon Ironman) (25, 43). Ainsi, l'évaluation de la fonction cardiaque par ultra-sonographie (speckle tracking) montre que les épreuves de très longue durée s'accompagnent de faibles indicateurs de fatigue cardiaque (ex. dysfonction ventriculaire, moindre contractilité; déformation circconférentielle, rotationnelle ou longitudinale systolique).

### Réponses cérébrales

L'inflammation semble systémique puisque, comme illustré par la Figure 4, on observe une augmentation de l'eau extracellulaire au niveau cérébral (29). Il est encore trop tôt pour apprécier les conséquences cliniques de ces modifications au niveau cérébral. Y-a-t-il un lien avec les hallucinations fréquemment

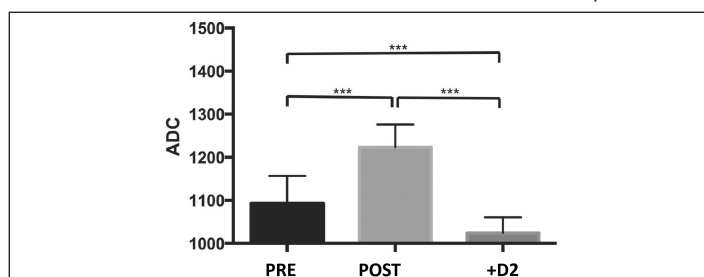


Figure 4 : variation de l'ADC (coefficient de diffusion de l'eau) dans l'espace intercellulaire au niveau cérébral observée entre avant (Pre), immédiatement après (Post) ou 2 jours (+D2) l'arrivée du TdG (29)

rapportées chez les ultra-traileurs en forte privation de sommeil? Influencent-elles les altérations cognitives illustrées par exemple par l'augmentation des temps de réaction? Est-ce un facteur de risque d'œdème cérébral en haute-altitude? Ces questions sont actuellement sans réponse.

### Réponses musculaires

L'inflammation généralisée s'accompagne d'augmentation du volume musculaire. Comme illustré par la Figure 5, il s'agit essentiellement d'un gonflement du tissu conjonctif avec une augmentation de l'épaisseur des fascias et de la couche cutanée après le TdG (44).

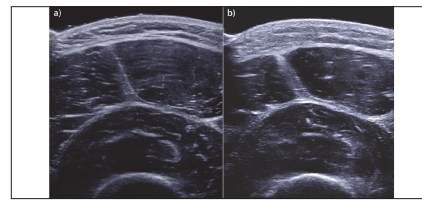


Figure 5 : variation du volume du quadriceps (image par ultrason) observée entre avant (a), immédiatement après (b) l'arrivée du TdG. (44) On observe l'augmentation de largeur des fascias musculaires liée à l'état œdémateux. (25)

Paradoxalement alors que ces épreuves avec de nombreuses parties de course en descente comportent de fortes contractions excentriques, les courbatures sont relativement faibles chez les ultra-traileurs (26, 28). Une des hypothèses est que l'in-

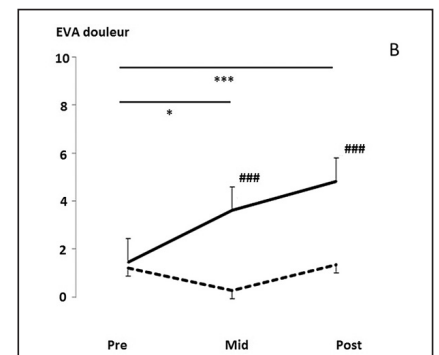
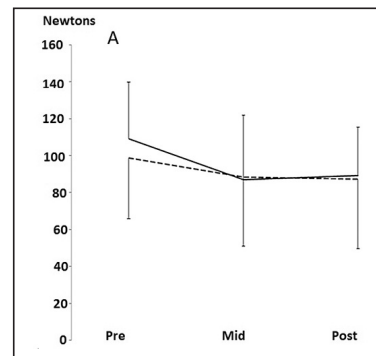
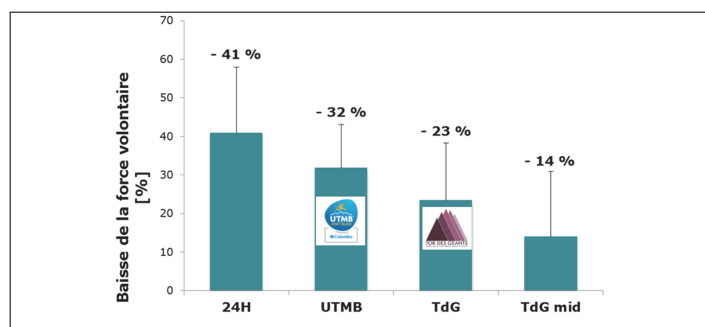


Figure 6 : A / Seuil de douleur à la pression (en Newton; marqueurs de courbature) qui ne change pas; B / Douleur subjective des cuisses (score de 1 à 10; évaluée par échelle visuelle analogique observée avant (Pre) à mi-course (150<sup>e</sup> km; Mid-Race) et immédiatement après (Post-Race) l'arrivée du TdG. (Trait plein = coureurs; trait pointillé: groupe contrôle de non-coureurs). On observe une augmentation régulière de douleur en cuisses chez les coureurs (26, 28)

flammation périphérique s'accompagne d'une « désensibilisation » au niveau musculaire qui vient « masquer » les courbatures sur les MUM les plus longs. La course d'ultra-endurance induit une diminution des afférences III/IV au niveau spinal et supraspinal, en particulier en course à pied, ce qui explique pourquoi la force maximale volontaire est davantage altérée que dans des épreuves de cyclisme ou ski de fond de durée ou d'intensité similaires<sup>(45)</sup>. Cependant, ces feedbacks ne sont certainement pas la cause unique de la diminution de la commande centrale et sont probablement accompagnés de mécanismes inhibiteurs au niveau musculaire périphérique en situation de fatigue extrême<sup>(46)</sup>. Ainsi, le seuil de douleur à la pression (PPT, Pain Pressure Threshold), marqueur des courbatures, n'est pas modifié sur le TdG alors que les douleurs augmentent linéairement pendant la course<sup>(26, 28)</sup> (Figure 6). L'augmentation des douleurs durant la course serait donc causée essentiellement par des paramètres biomécaniques et inflammatoires, et non pas par une sensibilisation du système nociceptif durant l'épreuve.

On constate que de nombreux phénomènes sont liés à l'apparition de l'inflammation au cours des épreuves de MUM. Les micro-agressions sur les tissus musculaires et osseux par les milliers d'impacts lors de la course-à-pied s'ajoutent aux fortes contractions excentriques des muscles de la cuisse et du mollet lors de la course en descente. Ces contraintes répétées ont bien évidemment des conséquences en termes de blessures de l'appareil locomoteur. De manière générale, il apparaît que la prescription d'exercices préventifs visant à minimiser les traumatismes et les déséquilibres est importante pour retarder l'apparition de douleurs ou de blessures.

Une autre réponse paradoxale observée sur les MUM d'une durée supérieure à 15h concerne la fatigue neuromusculaire. La Figure 7 montre que le niveau de fatigue, estimé par la baisse du niveau de force maximale volontaire des extenseurs du genou, semble inversement corrélée à la durée de l'épreuve (24h sur tapis roulant<sup>(47)</sup>; UTMB, 20-46h<sup>(20, 24)</sup>; TdG 70-150h<sup>(26, 28)</sup>).



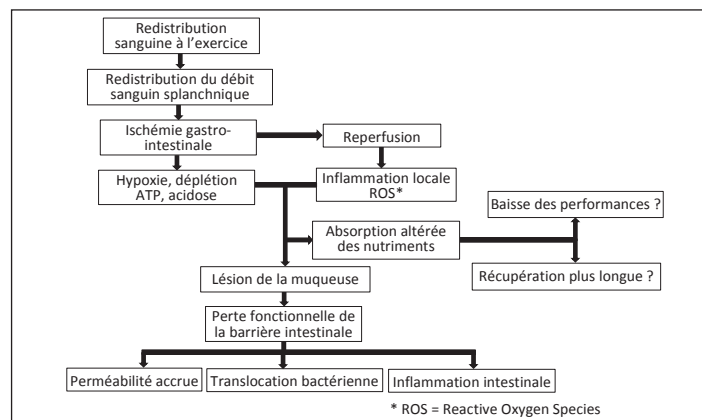
> Figure 7 : baisse de force maximale volontaire des extenseurs du genou (muscles du quadriceps) entre avant et immédiatement après une épreuve d'ultra-endurance<sup>(20, 24, 26, 28, 47)</sup>

### Troubles gastro-intestinaux

L'écosystème intestinal est fragilisé chez le sportif d'endurance<sup>(48)</sup>, et ce phénomène s'accroît en course à pieds en raison des chocs excentriques. La redistribution à l'exercice du flux sanguin provoque une ischémie splanchnique (système digestif sous-irrigué) amplifiée, par la déshydratation. Les consé-

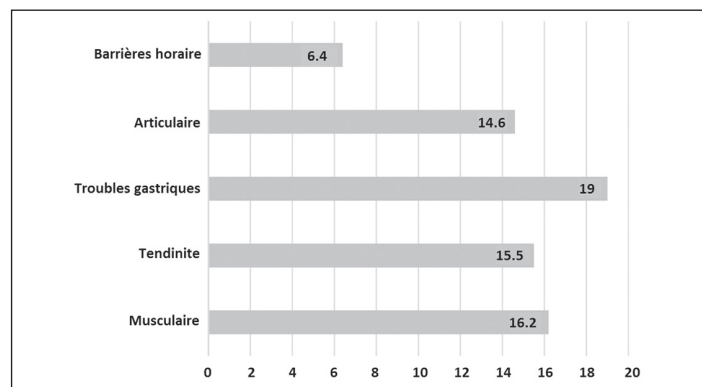
quences de ce phénomène ont été présentées de manière très complète par Van Wijck et al.<sup>(48)</sup> (Figure 8). Les conclusions apportées par leur travail permettent d'associer l'exercice physique à une hypoperfusion splanchnique et à des lésions de l'épithélium iléal. Ces modifications entraînent une inflammation générale, des dommages cellulaires intestinaux et une souffrance hépatique.

En 2012, Van Wijck et al.<sup>(48)</sup> proposent un diagramme synthétique des processus jouant un rôle dans le développement des lésions gastro-intestinales et leurs conséquences sur la performance (Figure 8).



> Figure 8 : processus impliqués dans les lésions gastro-intestinales et troubles gastriques induits par l'exercice<sup>(48)</sup>

Concrètement, sur le terrain, les troubles (maux de ventre, vomissements, diarrhées) se traduisent par des ralentissements et des arrêts, donc une baisse de la performance, ainsi que par



> Figure 9 : causes invoquées d'abandons lors de l'UTMB® en 2009 (en % du nombre d'abandon total)

de nombreux abandons. Comme illustré dans la Figure 9, les troubles gastriques sont à l'origine de près d'un abandon sur 5.

Lors du TdG, la quasi-totalité des troubles gastriques survient lors des 30 premières heures. Plusieurs hypothèses, en plus de la redistribution sanguine à l'effort et des chocs excentriques de la course, peuvent être avancées. Ces troubles pourraient s'expliquer par l'influence du stress précompétitif, par une ration alimentaire précompétitive trop importante et/ou trop glucidique, par un départ trop rapide (en particulier lors de 5-6 premières heures), par une alternance chaud (journée en fond de vallée) - froid (cols > 2500 m) de nuit, par un effet de l'altitude, ou enfin par la consistance, la qualité et la quantité des rations alimentaires de course.



## Discussion

Les études menées à ce jour démontrent que les courses d'ultra-endurance ont des effets manifestes sur plusieurs systèmes physiologiques du corps humain. Ces constatations sont intéressantes pour mieux comprendre le fonctionnement du corps humain et ses limites lors des efforts de très longue durée. Elles soulèvent également de nombreuses questions relatives à l'impact de ces effets physiologiques sur la santé des coureurs. La prise en compte des effets de l'inflammation sur l'organisme alimente la réflexion sur la manière de gérer l'entraînement et la compétition, afin de maximiser la performance et de prévenir les dommages éventuels causés par les efforts de très longue durée.

### Risques en termes de santé

Les effets de l'ultra-endurance recensés à ce jour sont nombreux. Malgré le fait qu'ils ne soient pas anodins, les accidents et défaillances graves sont rares en compétition <sup>(49)</sup>. Les coureurs les moins entraînés risquent avant tout l'abandon, causé par la souffrance et la baisse de performance au fur et à mesure des kilomètres parcourus.

Par contre, force est de constater que les risques encourus sur le long terme ou lors de la répétition des épreuves sont encore mal connus. On peut néanmoins spéculer que la participation trop fréquente à des compétitions d'ultra-trail pourrait s'accompagner d'un état inflammatoire chronique, dont on sait qu'il est délétère et accompagné d'un vieillissement tissulaire plus précoce <sup>(50)</sup>.

Si l'état actuel des connaissances ne permet pas de formuler des recommandations fondées pour préserver la santé des coureurs sur le long terme, les résultats constatés sur les effets aigus permettent d'esquisser quelques éléments de prévention capables de prévenir les effets indésirables mentionnés ci-dessus.

### Éléments de prévention

Dans un contexte où l'inflammation joue un rôle considérable, toutes les interventions médico-sportives permettant de diminuer ou de contenir les inflammations articulaires ou musculaires sont à priori efficaces. On pense en particulier au glaçage <sup>(51, 52)</sup> et aux différentes techniques de contention <sup>(53)</sup>.

Attention toutefois à la prise d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS), qui est à proscrire complètement pendant la course car elle s'accompagne d'une augmentation du risque de rhabdomyolyse – destruction du muscle strié – aux conséquences pouvant être graves <sup>(54)</sup>. Ainsi, au cours de l'UTMB 2008, un coureur a présenté une rhabdomyolyse favorisée par une déshydratation (diarrhées) et une prise d'AINS, qui a nécessité une hémodialyse en urgence <sup>(55)</sup>. A noter aussi que sur la plupart des MUMs, le règlement interdit la présence de professionnels médicaux au sein de l'assistance personnelle des traileurs afin de limiter la « professionnalisation » des équipes et garantir une certaine équité entre les coureurs. Il est important que les coureurs soient informés de ces risques afin de prévenir toute prise inconsidérée d'anti-inflammatoire durant les épreuves.

La charge spécifique des MUMs implique d'avoir une préparation ciblée à ce type d'épreuve. La préparation doit en premier lieu respecter les niveaux d'intensité et de dénivelé que le coureur va rencontrer.

Ensuite, du fait de l'impact des troubles digestifs sur la performance et sur le risque d'abandon, il semble important de préparer des stratégies personnalisées en termes de nutrition, d'hydratation et d'allure de course. On peut faire l'hypothèse que ces éléments de prévention limiteront les phénomènes inflammatoires.

Le suivi par du personnel de santé qualifié durant la préparation peut contribuer à contrôler les niveaux de « fraîcheur » générale et musculaire. Ceci, en particulier, lors des 2-3 semaines de préparation qui précèdent un ultra-trail, au cours desquelles il est important de mettre l'accent sur la récupération musculaire et la résorption des inflammations résiduelles induites par l'entraînement.

Pendant la phase de récupération, un suivi peut contribuer à vérifier qu'il n'y a pas de blessures résiduelles et que la régénération est effective. Enfin, étant donné l'intensité, la nature extrême des efforts, et l'ignorance relative des conséquences biologiques des épreuves d'ultra-endurance sur le long terme, il paraît judicieux de conseiller de modérer les coureurs qui veulent enchaîner trop souvent des ultra-trails.

### Maîtrise des risques environnementaux

Nous avons relevé que des facteurs environnementaux comme la température, la nature du terrain, et la météo peuvent fortement modifier la difficulté d'une course d'ultra-trail. Par conséquent, la prévention oblige les organisateurs à respecter certains standards de sécurité afin de minimiser les risques inhérents à ce type d'épreuve. C'est à cette fin que l'ITRA (International Trail Running Association) a rédigé un « guide de sécurité », accessible en ligne pour les personnes intéressées <sup>(56)</sup>.

Ce guide recommande notamment de tracer en continu la progression pluriannuelle des coureurs, de les informer sur les risques liés à la prise d'anti-inflammatoires pendant l'épreuve, et d'assurer la couverture médicale avec des professionnels de l'assistance en montagne ou en milieu inhospitalier (par exemple Dokever). Il est également recommandé aux organisateurs de favoriser la recherche médicale lors des épreuves d'ultra-trail, (par exemple, en soutenant les initiatives de l'Ultra Sport Science Fondation (<http://ultrasportsscience.org/>)). Les résultats tirés de ces recherches qui permettent de mieux comprendre les réactions du corps aux situations d'effort et de fatigue extrême sont de première importance pour améliorer l'état des connaissances sur les risques encourus lors de la pratique d'un ultra-trail et les moyens de les prévenir, car les connaissances en la matière restent lacunaires à ce jour.

## Conclusions

Globalement, il semble que les mécanismes associés à la course d'ultra-endurance en milieu alpin soient très spécifiques. Ils ne sont en rien comparables à ceux rapportés sur des épreuves de course à pied plus courtes ou sans dénivelé,

comme la plupart des courses sur route. Le niveau inflammatoire très élevé observé lors des ultra-trails semble influencer de nombreuses fonctions physiologiques (hémodynamique, cardiaque, cérébrale, musculaire) sans qu'il soit possible d'en évaluer actuellement les effets à long terme.

En résumé, les contraintes sur l'organisme sont très spécifiques et s'accompagnent d'importants niveaux de fatigue et d'inflammation générale. La préparation physique et l'entraînement pour un ultra-trail en montagne sont donc très différents que pour une course sur route. La fatigue cardiaque est aussi relativement faible, car impactée par l'augmentation du volume plasmatique. La fréquence cardiaque tend à diminuer progressivement. L'utilisation de la fréquence cardiaque comme témoin de l'intensité de course est donc problématique.

La modération de l'intensité de course par la distance et le dénivelé semble paradoxalement de nature à limiter certains dommages sur la santé du coureur d'ultra-trail. Lorsque la vitesse de course est faible, la fatigue musculaire n'est pas proportionnelle à la distance, mais plutôt dépendante des mécanismes inflammatoires. Des études longitudinales devront investir les effets de l'ultra-endurance de montagne sur la santé des pratiquants, notamment en ce qui concerne les effets à long terme qui restent encore largement inconnus à ce jour.

Les efforts d'ultra-endurance s'accompagnent d'une forte inflammation à l'origine de perturbations des systèmes digestifs, cérébral, cardiaque et musculaire. Si les effets aigus commencent à être bien documentés, les effets à long terme sont largement ignorés et imposent le principe de précaution.

## Implications pour la pratique

- Gérer les charges de travail (aspects externes et internes) pour prévenir le surentraînement.
- Travailler régulièrement en excentrique (descentes) afin de limiter les phénomènes inflammatoires.
- Espacer les épreuves pour favoriser les phénomènes de récupération et de régénération tissulaire.
- Prévoir une coupure annuelle (sans course) d'un mois minimum

## Contact

Grégoire Millet  
gregoire.millet@unil.ch

## Références

1. FIFAS. Etude Running/Trail [Internet]. France : Fédération Française des Industries Sports & Loisirs; 2015 Sept [cited 2017 May 15]. Available from: [www.fifas.com](http://www.fifas.com)
2. Bramble DM, Lieberman DE. Endurance running and the evolution of Homo. *Nature*. 2004; Nov 18;432(7015):345-52.
3. Dyer III JB, Crouch JG. Effects of running and other activities on moods. *Perceptual and Motor Skills*. 1988;67(1):43-50.
4. Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*. 2008;9(1):58-65.
5. Hoffman MD, Pasternak A, Rogers IR, Khodae M, Hill JC, Townes DA, et al. Medical services at ultra-endurance foot races in remote environments: medical issues and consensus guidelines. *Sports Med*. 2014;44(8):1055-69.
6. Zingg MA, Pazahr S, Morsbach F, Gutzeit A, Wiesner W, Lutz B, et al. No damage of joint cartilage of the lower limbs in an ultra-endurance athlete--an MRI-study. *BMC Musculoskeletal Disord*. 2013; Dec 05;14:343.
7. Lord R, George K, Somauroo J, Stembridge M, Jain N, Hoffman MD, et al. Alterations in Cardiac Mechanics Following Ultra-Endurance Exercise: Insights from Left and Right Ventricular Area-Deformation Loops. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016; Sep;29(9):879-87 e1.
8. Lord R, Somauroo J, Stembridge M, Jain N, Hoffman MD, George K, et al. The right ventricle following ultra-endurance exercise: insights from novel echocardiography and 12-lead electrocardiography. *European journal of applied physiology*. 2015; Jan;115(1):71-80.
9. Vernillo G, Giandolini M, Edwards WB, Morin JB, Samozino P, Horvais N, et al. Biomechanics and Physiology of Uphill and Downhill Running. *Sports Med*. 2017;47(4):615-29.
10. Millet GP. Economy is not sacrificed in ultramarathon runners. *J Appl Physiol*. 2012;113(4):686.
11. Vernillo G, Savoldelli A, La Torre A, Skafidas S, Bortolan L, Schena F. Injury and Illness Rates During Ultratrail Running. *International journal of sports medicine*. 2016;37(7):565-9.
12. Balducci P, Clemenccon M, Morel B, Quiniou G, Saboul D, Hautier CA. Comparison of Level and Graded Treadmill Tests to Evaluate Endurance Mountain Runners. *Journal of sports science & medicine*. 2016;15(2):239-46.
13. Williamson E. Nutritional implications for ultra-endurance walking and running events. *Extreme physiology & medicine*. 2016;5:13.
14. Volek JS, Freidenreich DJ, Saenz C, Kunces LJ, Creighton BC, Bartley JM, et al. Metabolic characteristics of keto-adapted ultra-endurance runners. *Metabolism*. 2016 Mar;65(3):100-10.
15. Millet GP, Millet GY. Ultramarathon is an outstanding model for the study of adaptive responses to extreme load and stress. *BMC medicine*. 2012; Jul 19;10(1):77.
16. Bruso JR, Hoffman MD, Rogers IR, Lee L, Towle G, Hew-Butler T. Rhabdomyolysis and hyponatremia: a cluster of five cases at the 161-km 2009 Western States Endurance Run. *Wilderness Environ Med*. 2010; Dec;21(4):303-8.
17. Hoffman MD, Wegelin JA. The Western States 100-Mile Endurance Run: participation and performance trends. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(12):2191-8.
18. Hoffman MD, Stuempfle KJ. Hydration strategies, weight change and performance in a 161 km ultramarathon. *Res Sports Med*. 2014;22(3):213-25.
19. Stuempfle KJ, Hoffman MD. Gastrointestinal distress is common during a 161-km ultramarathon. *J Sports Sci*. 2015;33(17):1814-21.
20. Millet GY, Tomazin K, Verges S, Vincent C, Bonnefoy R, Boisson RC, et al. Neuromuscular consequences of an extreme mountain ultra-marathon. *PLoS ONE*. 2011;6(2):e17059.
21. Morin JB, Tomazin K, Edouard P, Millet GY. Changes in running mechanics and spring-mass behavior induced by a mountain ultra-marathon race. *J Biomech*. 2011;44(6):1104-7.
22. Robach P, Boisson RC, Vincent L, Lundby C, Moutereau S, Gergele L, et al. Hemolysis induced by an extreme mountain ultra-marathon is not associated with a decrease in total red blood cell volume. *Scand J Med Sci Sports*. 2014;24(1):18-27.
23. Wuthrich TU, Marty J, Kerhervé H, Millet GY, Verges S, Spengler CM. Aspects of respiratory muscle fatigue in a mountain ultramarathon race. *Medicine and science in sports and exercise*. 2015;47(3):519-27.



24. Temesi J, Rupp T, Martin V, Arnal PJ, Feasson L, Verges S, et al. Central fatigue assessed by transcranial magnetic stimulation in ultratrail running. *Medicine and science in sports and exercise*. 2014;46(6):1166-75.
25. Maufrais C, Millet GP, Schuster I, Rupp T, Nottin S. Progressive and biphasic cardiac responses during extreme mountain ultramarathon. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2016;310(10):H1340-8.
26. Saugy J, Place N, Millet GY, Degache F, Schena F, Millet GP. Alterations of Neuromuscular Function after the World's Most Challenging Mountain Ultra-Marathon. *PLoS ONE*. 2013;8(6):e65596.
27. Vernillo G, Rinaldo N, Giorgi A, Esposito F, Trabucchi P, Millet GP, et al. Changes in lung function during an extreme mountain ultramarathon. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25(4):e374-80.
28. Vitiello D, Degache F, Saugy JJ, Place N, Schena F, Millet GP. The increase in hydric volume is associated to contractile impairment in the calf after the world's most extreme mountain ultra-marathon. *Extreme physiology & medicine*. 2015;4:18.
29. Zanchi D, Viallon M, Le Goff C, Millet GP, Giardini G, Croisille P, et al. Extreme Mountain Ultra-Marathon Leads to Acute but Transient Increase in Cerebral Water Diffusivity and Plasma Biomarkers Levels Changes. *Frontiers in physiology*. 2016;7:664.
30. Vernillo G, Brighenti A, Limonta E, Trabucchi P, Malatesta D, Millet GP, et al. Effects of Ultratrail Running on Skeletal Muscle Oxygenation Dynamics. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016:1-25.
31. Braun WA, Dutto DJ. The effects of a single bout of downhill running and ensuing delayed onset of muscle soreness on running economy performed 48 h later. *European Journal of Applied Physiology*. 2003;90(1-2):29-34.
32. Hoffman MD, Ingwerson JL, Rogers IR, Hew-Butler T, Stuepfle KJ. Increasing creatine kinase concentrations at the 161-km Western States Endurance Run. *Wilderness Environ Med*. 2012;23(1):56-60.
33. Malm C, Sjodin TL, Sjoberg B, Lenkei R, Renstrom P, Lundberg IE, et al. Leukocytes, cytokines, growth factors and hormones in human skeletal muscle and blood after uphill or downhill running. *The Journal of Physiology*. 2004 May 1;556(Pt 3):983-1000.
34. Nieman DC, Dumke CL, Henson DA, McAnulty SR, Gross SJ, Lind RH. Muscle damage is linked to cytokine changes following a 160-km race. *Brain, Behavior and Immunity*. 2005;19(5):398-403.
35. Schwane JA, Johnson SR, Vandenakker CB, Armstrong RB. Delayed-onset muscular soreness and plasma CPK and LDH activities after downhill running. *Medicine and science in sports and exercise*. 1983;15(1):51-6.
36. Millet GP. Economy is not sacrificed in ultramarathon runners. *Journal of Applied Physiology*. 2012;113(4):686.
37. Millet GY. Can Neuromuscular Fatigue Explain Running Strategies and Performance in Ultra-Marathons? *Sports medicine*. 2011;41(6):489-506.
38. Temesi J, Rupp T, Martin V, Arnal PJ, Féasson L, Verges S, et al. Central fatigue assessed by transcranial magnetic stimulation in ultratrail running. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(6):1166-75.
39. Millet G, Lepers R, Maffiuletti N, Babault N, Martin V, Lattier G. Alterations of neuromuscular function after an ultramarathon. *Journal of applied physiology*. 2002;92(2):486-92.
40. Giandolini M, Horvais N, Rossi J, Millet G, Morin JB, Samozino P. Effects of the foot strike pattern on muscle activity and neuromuscular fatigue in downhill trail running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2016.
41. Chen TC, Nosaka K, Lin MJ, Chen HL, Wu CJ. Changes in running economy at different intensities following downhill running. *Journal of sports sciences*. 2009 Sep;27(11):1137-44.
42. Mounier R, Pialoux V, Mischler I, Coudert J, Fellmann N. Effect of hypervolemia on heart rate during 4 days of prolonged exercises. *International journal of sports medicine*. 2003;24(07):523-9.
43. Vitiello D, Rupp T, Bussiere JL, Robach P, Polge A, Millet GY, et al. Myocardial damages and left and right ventricular strains after an extreme mountain ultra-long duration exercise. *Int J Cardiol*. 2013;165(2):391-2.
44. Andonian P, Viallon M, Le Goff C, de Bourguignon C, Tourel C, Morel J, et al. Shear-Wave Elastography Assessments of Quadriceps Stiffness Changes prior to, during and after Prolonged Exercise: A Longitudinal Study during an Extreme Mountain Ultra-Marathon. *PLoS One*. 2016;11(8):e0161855.
45. Millet GY, Lepers R. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. *Sports Medicine*. 2004;34(2):105-16.
46. Perrey S, de PC Smirmaul B, Fontes EB, Noakes TD, Bosio A, Impellizzeri FM, et al. Comments on Point: Counterpoint: Afferent feedback from fatigued locomotor muscles is/is not an important determinant of endurance exercise performance. *Journal of Applied Physiology*. 2010;108(2):458-68.
47. Martin V, Kerhervé H, Messonnier LA, Banfi JC, Geyssant A, Bonnefoy R, et al. Central and peripheral contributions to neuromuscular fatigue induced by a 24-h treadmill run. *Journal of Applied Physiology*. 2010;108(5):1224-33.
48. van Wijck K, Lenaerts K, Grootjans J, Wijnands KA, Poeze M, van Loon LJ, et al. Physiology and pathophysiology of splanchnic hypoperfusion and intestinal injury during exercise: strategies for evaluation and prevention. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*. 2012;303(2):G155-G68.
49. Hoffman MD. Injuries and Health Considerations in Ultramarathon Runners. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2016;27(1):203-16.
50. Rowlands DS, Pearce E, Aboud A, Gillen J, Gibala M, Donato S, et al. Oxidative stress, inflammation, and muscle soreness in an 894-km relay trail run. *European journal of applied physiology*. 2012;112(5):1839-48.
51. Howatson G, Van Someren K. Ice massage: effects on exercise-induced muscle damage. *Journal of sports medicine and physical fitness*. 2003;43(4):500.
52. Hausswirth C, Louis J, Bieuzen F, Pournot H, Fournier J, Filliard J-R, et al. Effects of whole-body cryotherapy vs. far-infrared vs. passive modalities on recovery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. *PLoS one*. 2011;6(12):e27749.
53. Bernhardt T, Anderson GS. Influence of moderate prophylactic compression on sport performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2005;19(2):292-7.
54. Gergele L, Bohe J, Feasson L, Robach P, Morel J, Auboyer C, et al. Du sport extrême à la réanimation. *Réanimation*. 2010;19(5):416-22.
55. Canu P., Herry JP, Durand M, Duthil E, Lataillade D. La rhabdomyolyse d'effort du sportif. *Cardio & Sport*. 2009;20:5-7.
56. ITRA. Guide de sécurité [Internet] 2016. Switzerland: International Trail Running Association. [cited 2017 May 15]. Available from : [http://www.i-tra.org/documents/security\\_guidelines/Security\\_Guidelines\\_ITRA\\_FR.pdf](http://www.i-tra.org/documents/security_guidelines/Security_Guidelines_ITRA_FR.pdf)



**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

www.cibsa.ch

**Là où vos idées  
prennent forme**

# Ginphys

Le logiciel des physios et ostéos

*“ Plus de 250 cabinets,  
dont 150 facturent  
électroniquement. ”*

*“ La nouvelle version de  
Ginphys sera diffusée  
d’ici fin juin. ”*

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



Chemin du Croset 9A,

1024 Ecublens, Tél : 021 695 05 53

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

Essential Oils Naturally Active

## CRÈMES DE MASSAGE NEUTRES



## HUILES DE MASSAGE BIO



## GELS AUX HUILES ESSENTIELLES BIO







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

visions.ch

## Ergomètre



## Vélo couché



## Tapis de course



## Crosstrainer



## Machine à poulie et Functional Trainer



## Station de force



Body-Solid

concept 2  
ROWING

WaterRower

CIRCLE  
FITNESS

FIRST DEGREE  
FITNESS

Lojer

LEMOND  
Fitness Inc.

HBP

SportsArt  
FITNESS

HORIZON  
FITNESS

VISION FITNESS

TUNTURI®

# Pré-orthodontie pédiatrique : approche ostéopathique en complément

## Pediatric pre-orthodontics : osteopathic approach in complement

THOMAS KALUZNY<sup>1</sup>, (Ostéopathe dipl. CDS)

1 Enseignant post-gradué Fédération Suisse des Ostéopathes, Ecole d'Ostéopathie de Genève, SCOM Belgique

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

L'auteur atteste ne pas avoir de conflit d'intérêts dans la réalisation de ce travail

### Keywords

Orthodontics, craniofacial dysfunction, osteopathy, orofacial dysfunction, swallowing, oral respiration, pediatrics, myofunctional

### Mots clés

Orthodontie, dysfonction crânio-faciale, ostéopathie, dysfonction oro-faciale, déglutition, respiration buccale, pédiatrie, myofonctionnel

### Abstract

**Introduction:** the objective of this narrative review is to address oro-facial dysfunctions and their possible impacts on craniofacial and orthodontic development in children. The impact of orthodontic asymmetry on posture will be addressed through an experimental mandibulo-vertebral model.

**Development:** the osteopathic approach relies on researches run for over 40 years by dentists, orthodontists and maxillofacial surgeons. The treatment aim is to standardize the compression forces at the cranial sutures (bone growth site in children), to restore the correct function of certain facial muscles, and finally to correct an infantile swallowing largely responsible for the lack of transversal development of the maxillary bones, while ensuring that the posture of the growing child does not suffer from the pre-existing orthodontic pathology. An orthodontic asymmetry has potentially an impact on the balance of the spine. Risk factors such as oral respiration and sucking (thumb, lollipop) strongly interfere with the child's good craniofacial development. This approach is illustrated by the clinical case of a child with cross occlusion and a unilateral class II, as well as a postural adaptation to his occlusal asymmetry.

**Discussion:** the results are very encouraging because the orthodontic pathology has been corrected through myofunctional rehabilitation. Further work should study in more details the contribution of osteopathic techniques in the follow-up of such cases. The mandibulo-vertebral concept also requires more studies as it could represent a typical model of postural

### Résumé

**Introduction:** cette revue narrative a pour objectifs de mettre en lumière les dysfonctions oro-faciales ainsi que leurs possibles impacts sur le développement crânio-facial et orthodontiques chez l'enfant. La répercussion d'une asymétrie orthodontique sur la posture sera abordée à travers le modèle mandibulo-vertébral expérimental proposé dans cet article.

**Développement:** l'approche ostéopathique s'appuie sur des travaux de recherches effectués depuis plus de 40 ans par des dentistes, orthodontistes et chirurgiens maxillo-faciaux. Il s'agit de normaliser les forces de compression au niveau des sutures crâniennes (site de croissance osseuse chez l'enfant), de restituer la juste fonction de certains muscles faciaux, et enfin de corriger une déglutition infantile responsable en grande partie du manque de développement transversal des os maxillaires, le tout en s'assurant que la posture de l'enfant en pleine croissance ne subisse pas la pathologie orthodontique déjà présente. Une asymétrie orthodontique a potentiellement un impact sur l'équilibre de la colonne vertébrale. Des facteurs de risques tels que respiration buccale et habitudes de succion (pouce, lolette) entravent fortement le bon développement crânio-facial de l'enfant. Cette approche est illustrée par le cas clinique d'un enfant présentant une occlusion croisée et une classe II unilatérale ainsi qu'une adaptation posturale à son asymétrie occlusale.

**Discussion:** les résultats sont très encourageants car la pathologie orthodontique a été corrigée à travers la rééducation myofonctionnelle. L'apport de techniques ostéopathiques dans le suivi

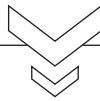


adaptation in the descendant cases and prove to be useful in everyday practice.

**Conclusion:** the pediatric pre-orthodontic approach is a minimally invasive early management method that has been proven useful for many years. It should be done in a multidisciplinary way in order to better prevent the risks associated with the occurrence of oro-facial dysfunction. It is compatible with a holistic view of osteopathy.

de tels cas devrait être étudié plus en détail par de futurs travaux. Le concept mandibulo-vertébral proposé mériterait également d'être approfondi par des études car il pourrait représenter un modèle type d'adaptation posturale dans les cas descendants et s'avérer bénéfique dans la pratique quotidienne.

**Conclusion:** l'approche pré-orthodontique pédiatrique est une prise en charge minimalement invasive et précoce qui a fait ses preuves depuis de nombreuses années déjà. Elle devrait être conduite de manière pluridisciplinaire afin de mieux prévenir les risques liés à l'apparition de dysfonctions oro-faciales. Cette approche, ainsi que le modèle mandibulo-vertébral expérimental proposé sont compatibles avec une vision holistique de l'ostéopathie.



## Introduction

En observant les crânes et les faces des premiers hominidés, on constate, entre autres, que l'évolution a mené à un élargissement des arcades dentaires supérieures et inférieures. Pourtant depuis 300 ans il apparaît que le diamètre maxillaire tend à diminuer<sup>(1)</sup> par rapport aux crânes de nos ancêtres pré-historiques. Est-ce le résultat d'une évolution génétique très rapide ou l'influence de dysfonctions oro-faciales sur le développement crânio-facial ?

Les dysfonctions oro-faciales sont associées à des troubles orthodontiques, pourtant et malgré l'état des connaissances actuelles en matière de croissance crânio-faciale, peu de prises en charge orthodontique semblent s'y intéresser. Il est plus fréquent de parler d'extractions dentaires pour créer de la place dans des mâchoires atrophiées associées à des voies nasales étroites alors que l'on sait qu'une absence de respiration nasale est associée à des dysmorphoses faciales<sup>(2-4)</sup>. De plus, une meilleure croissance maxillaire et mandibulaire en cas de respiration nasale est observée après adénoïdectomie<sup>(5)</sup>. La langue a une action expansive bien connue sur le palais écrivait déjà *Jean Delaire* en 1971; ainsi les muscles releveur de l'aile du nez, buccinateurs et des lèvres participent au développement du maxillaire<sup>(6)</sup>. L'équilibration de la fonction myofaciale rétablit un bon développement maxillaire et mandibulaire<sup>(7-10)</sup> et constitue une méthode peu invasive et qui a fait ses preuves

Les pathologies orthodontiques ne sont pas toujours symétriques dans le plan frontal. Il est fréquent de trouver une occlusion croisée unilatérale par exemple. Cette asymétrie occlusale pourrait avoir un impact sur la posture. D'autant que des corrélations ont été établies entre certaines pathologies orthodontiques et scolioses<sup>(11)</sup>.

Cette revue narrative a pour objectifs :

- de rappeler les bases du développement crânio-facial en les intégrant dans la pratique ostéopathique.
- d'inclure la composante posturale dans le complexe orthodontique à l'aide d'un modèle mandibulo-vertébral expérimental.

- d'apporter un éclairage sur l'apparition des problèmes orthodontiques de plus en plus fréquents par une approche myofonctionnelle des facteurs de risques grâce à la présentation d'un cas clinique.

## Développement

### Hominisation du crâne

Les premières mâchoires articulées sont apparues chez les vertébrés aquatiques il y a environ 400 millions d'années. C'est le passage du stade agnathe au stade de gnathostome. La mandibule est formée de plusieurs os. L'articulation s'effectue entre l'os articulaire et l'os carré qui présente une protubérance. La mandibule est quant à elle constituée de l'os dentaire, l'os angulaire et l'os articulaire. Au fil de l'évolution, l'os dentaire s'allonge postérieurement au profit d'une réduction de volume des os angulaire, articulaire et carré.

Dès l'apparition des mammifères primitifs, l'os dentaire constitue à lui seul la mandibule. Il y a apparition d'un condyle articulaire et migration des os qui formaient l'articulation dans l'oreille moyenne. L'os carré devient l'enclume et l'os articulaire devient le marteau.

Il y a moins de 5 millions d'années apparaît l'homo Australopithèque.

Australopithèque africanus possède un crâne démontrant qu'il s'agit d'un hominidé capable de mâcher des nourritures coriaces. Les dents broyeuses sont grandes et robustes. Elles composent une arcade dentaire qui contient des molaires et des prémolaires. Les canines des mâles ne dépassent pas la hauteur des autres dents. La face est aplatie et en retrait. La voûte crânienne est arrondie et renferme un cerveau plus développé (que celui du singe) de l'ordre de 480 cm<sup>3</sup>. Le trou occipital est plus avancé au niveau du crâne (avancée de la colonne vertébrale) lui permettant un début de bipédie.

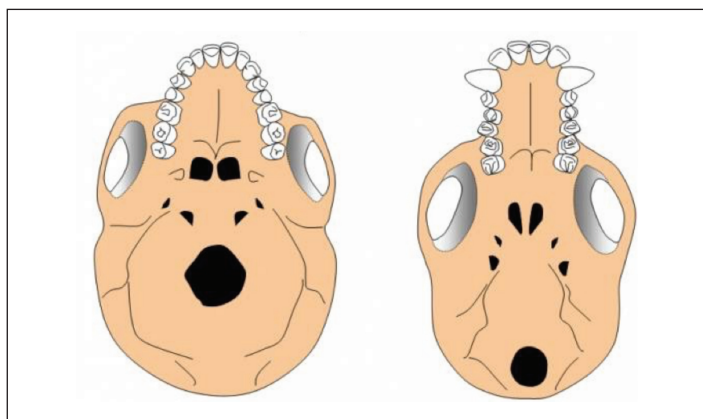
Et 4 millions d'années plus tard, apparaît homo Erectus, futur homme moderne. Sa boîte crânienne domine l'ensemble du crâne. Le volume endocrânien atteint 800 cm<sup>3</sup> soit plus que chez aucun autre hominidé. L'apparition des « bosses pa-

riétales « révèle un développement en hauteur du cerveau et l'expansion des aires corticales. L'appareil masticateur se réduit considérablement. La face n'occupe plus que 30 % du volume du crâne comparé aux 45 % chez les australopithèques. De profil, ce sont maintenant le nez et les dents de devant (région prémaxillaire) qui deviennent saillants. Si les pommettes (zygomatiques) et les arcades sourcilières restent assez développées, les muscles temporaux se révèlent plus graciles. Cela peut probablement s'expliquer par le fait qu' homo Erectus fut le premier hominidé à maîtriser le feu. De ce fait il a commencé à cuire ses aliments donc sa mastication a changé. Puis est apparu l'homme de Néandertal et finalement homo Sapiens il y a de cela environ 200'000 ans.

Homo Sapiens n'a pas de torus sus-orbitaire, sa mâchoire est en U et sa face est plate. Sa mâchoire est plus fine mais plus large, son front est relevé et son volume crânien est plus important (1400 cm<sup>3</sup>). De plus, il ne possède pas de chignon occipital. Sa tête ne s'étire pas vers l'arrière, l' homo Sapiens est donc un brachycéphale et les caractères simiens ont disparu.

En résumé, l'évolution se traduit par un recul et une bascule vers l'arrière du massif facial (contraction crânio-faciale) grâce à un relâchement des contraintes latérales. Il en résulte une augmentation de taille du maxillaire et de la mandibule transversalement. Parallèlement, le crâne subit une augmentation spectaculaire de son volume et la bipédie fait son apparition (Figure 1). La bipédie et l'hominisation du crâne sont concomitantes. La colonne vertébrale se déplace sous la base crânienne et le massif facial recule sous le crâne. Chez le quadrupède, la mâchoire est longue et plus fine. Ainsi, plus le primate se redresse, plus sa mâchoire s'élargit et se verticalise sous le crâne. L'élargissement est une adaptation physiologique car le recul de la mandibule menace d'écraser les voies respiratoires. C'est un impératif vital. L'augmentation du volume crânien justifie aussi une augmentation de taille des mâchoires et des voies respiratoires supérieures : il faut assurer une bonne vascularisation et une bonne oxygénation cérébrale.

L'évolution a pris quelques millions d'années pour élargir les maxillaires, mais pourtant depuis près de 300 ans nos mâchoires rétrécissent ou plutôt ne grandissent plus suffisamment <sup>(1)</sup>. Les chiffres parlent d'eux-mêmes : 53,6 % de la population suisse âgée de 15 à 24 ans porte ou a porté une fois dans sa vie un appareil dentaire, selon l'enquête sur la santé des Suisses de 2012 (Office fédéral de la statistique).



› Figure 1 : crânes Homme-Chimpanzé

## Développement crânio-facial

Le développement crânio-facial est génétiquement programmé mais il est également environnement dépendant. Le crâne se divise en voûte crânienne et base crânienne, tous deux appartenant au neurocrâne, ainsi que la face, elle-même faisant partie du viscérocrâne. La voûte et la face sont d'origine membraneuse alors que la base est cartilagineuse. La croissance de la voûte est liée au développement de l'encéphale. La voûte croît très rapidement durant les premières années pour ralentir vers 7 ans (90 % du volume du crâne adulte). La croissance de la voûte se fait donc par ossification des différentes sutures. Mais les fontanelles jusqu'à leur ossification (vers 2-3 ans) agissent comme des joints de décompression (croissance) et de compressions (accouchement). Lors de la croissance et de « l'ossification » des sutures un phénomène d'apposition et de résorption des faces internes et externes des os s'effectue pour aboutir aux sutures définitives et leurs biseaux. La voûte membraneuse est sous l'influence de facteurs biologiques et mécaniques et nécessite une force intrinsèque expansive (cerveau) pour stimuler ses sutures et donc croître. La croissance de la base du crâne se fait essentiellement sur les synchondroses sphéno-ethmoïdale et sphéno-basilaire (jusqu'à 21 ans). En revanche la croissance de la face dure plus longtemps que celle de la voûte et de la base crânienne. L'aspect définitif de la face est atteint vers 25 ans environ. On distingue 3 étapes essentielles à la croissance faciale :

- de 0 à 6 ans l'étage supérieur (fronto-orbitaire) : étage du V1 (nerf ophtalmique).
- de 3 à 12 ans l'étage moyen (maxillaire) et inférieur (mandibulaire) : étage du V2 (nerf maxillaire) et V3 (nerf mandibulaire).
- après 12 ans l'étage inférieur.

La langue va jouer un rôle clé dans le développement de la face <sup>(12)</sup>. Elle devient un véritable conformateur buccal selon Delaire. <sup>(6)</sup> De 0 à 2 ans environ la principale fonction de la langue est la succion, dans un mouvement antéro-postérieur. C'est ce que l'on appelle la déglutition infantile ou primaire. Puis avec l'apparition des incisives (entre 6 et 24 mois) la cavité buccale se referme et piège la langue dans la bouche. C'est à ce moment précis que la déglutition de l'enfant doit changer et devenir une déglutition adulte ou secondaire. Elle se caractérise par une position haute de la langue : la langue est plaquée au palais et exerce une force expansive sur les secteurs latéraux des deux demi-maxillaires stimulant ainsi la suture intermaxillaire et induisant le mouvement physiologique de rotation externe des maxillaires et donc la croissance de ceux-ci dans le plan frontal. La langue est donc essentielle à la croissance faciale. On peut donc affirmer que la langue est aux maxillaires ce que l'encéphale est à la voûte : un moteur de croissance. Les muscles buccinateurs, quant à eux, jouent un rôle de barrière pour les molaires et pré-molaires de manière à empêcher une version vestibulaire (bascule vers l'extérieur) sous la poussée de la langue. Même chose pour l'orbiculaire supérieur qui contient les incisives supérieures et empêche une poussée exagérée du pré-maxillaire. Il semble y avoir un équilibre de force entre les muscles faciaux (extrinsèques) et



la langue (intrinsèque) afin de pouvoir assurer une croissance harmonieuse de la face. La mastication en mouvement de latéralité et de protrusion stimule le cartilage de conjugaison au niveau de l'articulation temporo-mandibulaire (ATM). La pression inter-dentaire due à la trituration du bol alimentaire a également un effet sur la croissance mandibulaire.

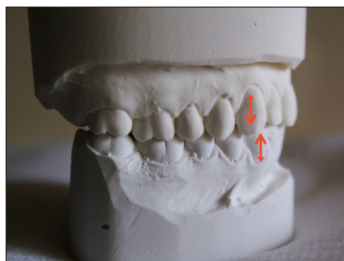
### Pathologies orthodontiques

On distingue 2 groupes d'affections :

- Pathologies d'arcades dentaires (classe squelettique)
- Pathologies dentaires pures (classe d'Angle)

La classe squelettique sera définie par les rapports de taille entre l'arcade dentaire maxillaire et mandibulaire. Par rapport à cette classification, la classe I représente le modèle physiologique de référence. La classe II représente une hypoplasie de la mandibule et la classe III une hyperplasie.

La pathologie dentaire se caractérise par une malposition dentaire pure sur l'arcade. La classe d'Angle se définit à partir d'une classe squelettique I, on considère la position des canines supérieures par rapport aux canines inférieures. Le modèle physiologique de référence étant la classe I, on décrit 3 classes d'Angle pathologiques : classe II1, classe II2 et classe III. La classe I est ce que l'on appelle la normocclusion. Elle se définit par la position des dents mandibulaires (des canines aux molaires) en-avant d'une demi-dent de leurs homologues maxillaires. Si on se réfère à la canine, la canine mandibulaire (en occlusion dentaire) doit se positionner à la hauteur de l'intervalle canine-latérale maxillaire (Figure 2). A noter également que la normocclusion implique que les dents mandibulaires sont inscrites à l'intérieur les dents maxillaires.



> Figure 2 : classe I squelettique

La classe II1 (Figure 3) se définit par une position inversée par rapport à la classe I, c'est-à-dire que la canine supérieure se positionne en-avant de son homologue inférieure, avec des incisives supérieures qui partent très antérieurement (overjet). La classe II2 (Figure 4) est similaire à la classe II1 mais avec une position des incisives supérieures en version linguale.



> Figure 3 : classe II 1



> Figure 4 : classe II 2

La classe III (Figure 5) est quant à elle une exagération de la classe I avec une mandibule trop en avant.

Il faut également considérer les pathologies orthodontiques dans le plan frontal. On peut donc trouver une occlusion croisée partielle ou complète (la denture inférieure recouvre la denture supérieure) (Figure 6), un désalignement de la ligne médio-incisive et des encombrements incisifs par manque de place. Il existe également des défauts de recouvrement des incisives inférieures par manque (open bite) (Figure 6) ou par excès (deep bite) (Figure 7).



> Figure 5 : classe III



> Figure 6 : occlusion croisée avec béance antérieure



> Figure 7 : Deep bite

### Les dysfonctions oro-faciales

Une déglutition infantile ou primaire persistante chez le jeune enfant peut avoir comme conséquence directe un déficit de croissance des deux demi-maxillaires<sup>(13)</sup> avec à la clé des fosses nasales souvent étroites, un palais étroit et haut (type gothique) et un overjet des incisives supérieures. La déglutition infantile peut donc induire une occlusion croisée, une classe II et un encombrement du bloc incisif. Le maintien de tout réflexe de succion<sup>(14)</sup> (pouce, lolette, biberon, etc) au-delà de 2-3 ans, peut empêcher l'enfant de faire la transition naturelle à une déglutition secondaire. Une fois cet âge dépassé et les réflexes de succion supprimés, il est très fréquent que l'enfant ne corrige pas automatiquement sa déglutition infantile, car la langue continue à se faufiler à travers une béance et/ou un overjet.

La respiration buccale<sup>(15)</sup> est, pour des raisons évidemment mécaniques, toujours associée à une déglutition primaire (il est très difficile de déglutir la langue au palais et la bouche ouverte). Elle a pour conséquence un déficit de croissance de l'étage moyen de la face et un allongement de celle-ci<sup>(3)</sup>, un assèchement buccal, une hypertrophie amygdalienne (à noter que l'hypertrophie amygdalienne ainsi que celle des végétations peut être la cause d'une respiration buccale), des ronflements et de possibles apnées du sommeil. La respiration buccale est en règle générale associée à des rhinites chroniques<sup>(4)</sup> ou d'amygdales hypertrophiées. Il est à relever que les allergies aériennes ou alimentaires peuvent être à l'origine de rhinites chroniques.

L'incompétence labiale supérieure (muscle orbiculaire supérieur hypotone) avec hypertonie du muscle carré du menton com-

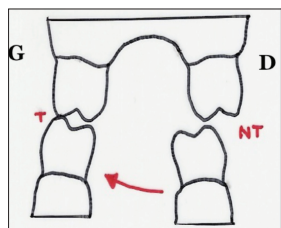
pensatoire est très fréquente et associée à la déglutition primaire<sup>(16)</sup>. Elle est même souvent la conséquence d'une déglutition primaire (l'overjet des incisives supérieures empêche le muscle orbiculaire supérieur de travailler correctement). Avec une lèvre supérieure incompetente c'est le muscle carré du menton qui va compenser pour obtenir l'occlusion labiale, afin que l'individu puisse respirer par le nez bouche fermée. Mais une contraction permanente de ce dernier peut avoir pour conséquence de bloquer la croissance de la branche horizontale de la mandibule induisant ainsi une classe II<sup>(17)</sup>.

### Le mouvement de latéralité

La mâchoire humaine possède la particularité de n'être pas limitée dans le seul mouvement d'ouverture-fermeture et protrusion-rétrusion. Elle permet des mouvements de latéralité ou diduction. C'est du reste le mouvement principal qui doit être réalisé lors de la mastication. Une mastication fonctionnelle est une mastication qui se réalise en latéralités gauche et droite alternées. Une latéralité droite mobilisera le muscle ptérygoïdien latéral gauche amenant ainsi la mandibule vers la droite. Pour réaliser parfaitement ce mouvement lors de la mastication, il y a des règles d'occlusodontie à respecter. Lors de la latéralité droite, il y a un guidage dento-dentaire du côté travaillant (côté droit) alors que du côté non-travaillant (côté gauche) le contact dento-dentaire doit complètement disparaître (Figure 8 et 9). Idéalement le guidage du côté travaillant doit être canin (canine inférieure glissant sur la canine supérieure) mais il peut y avoir un guidage de groupe (canines et pré-molaires).



> Figure 8 : latéralité droite, guidage canin droit



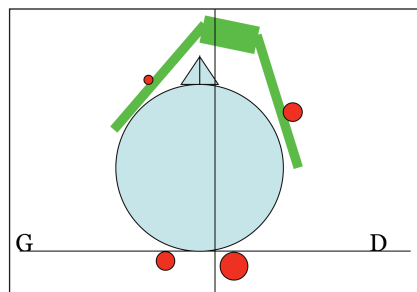
> Figure 9 : latéralité droite, perte de contact gauche

Pour que ce guidage canin puisse se réaliser la classe I est idéale, car la canine inférieure se trouve en-avant d'une demi-dent de son homologue supérieure. Une classe II rend, dans la majorité des cas, impossible ce guidage puisque la canine inférieure se trouve en arrière de son homologue supérieure. La situation est similaire pour une classe III où la canine inférieure est bien trop en avant de son homologue supérieure. C'est donc la fonction qui nous éclaire sur le pourquoi de la nécessité d'obtenir une classe I. Si la latéralité n'est pas fonctionnelle, la mastication se réalise dans un plan de mobilité strictement d'ouverture-fermeture appliquant une surcharge aux ATM. Lors d'une mastication en latéralité, on enregistre une force de 25 kg/cm<sup>2</sup> sur les molaires, alors que lors d'une mastication « verticale » on passe à 50 kg/cm<sup>2</sup>, soit le double. Ce sont les ménisques qui finiront par en souffrir le plus.

### Modèle mandibulo-vertébral expérimental

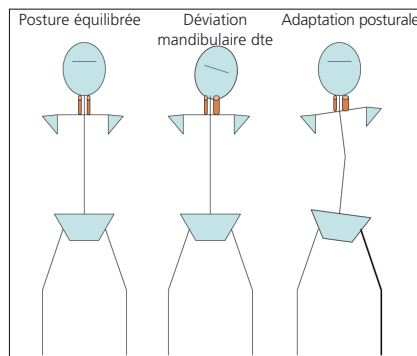
Il paraît donc évident à présent qu'une mastication en latéralité alternée assure une bonne répartition des forces sur les

ATM. Mais la pathologie orthodontique n'est pas toujours symétrique. Il est fréquent de voir un enfant en classe I d'un côté et en classe II de l'autre. Ce genre de situation induit une mastication asymétrique (non-alternée) avec à terme une déviation mandibulaire à l'ouverture. L'enfant devient alors gaucher ou droitier de la mâchoire alors qu'il devrait être ambidextre. Un déséquilibre musculaire s'installe au niveau des muscles masticateurs. Ce déséquilibre se transmet aux muscles de la région cervicale<sup>(18)</sup> et pourrait se propager via les chaînes musculaires jusqu'aux iliums provoquant une bascule du bassin (ilium antérieur) du côté de la déviation mandibulaire. Chez le jeune enfant en croissance cela peut avoir une répercussion néfaste sur la statique de sa colonne vertébrale<sup>(9,11)</sup> allant jusqu'à l'apparition d'une scoliose fonctionnelle dans un premier temps, puis structurelle si l'enfant grandit sans correction du trouble statique. Avec une déviation mandibulaire droite (Figure 10), nous observons fréquemment une latéro-flexion droite de l'occiput sur l'atlas. L'axis suit et va faire une rotation homolatérale (blocage C2 droite).

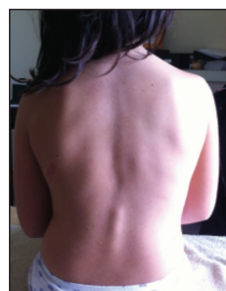


> Figure 10 : latéro-flexion droite de l'occiput sur l'atlas

Globalement nous retrouvons un tonus musculaire cervical augmenté du côté de la déviation. Dans le but de maintenir le plan pupillaire horizontal, nous constatons que le plan scapulaire s'incline à gauche en surélevant l'omoplate droite (muscle omo-hyoïdien) en « cassant » la rectitude au niveau des vertèbres dorsales dans le plan frontal par une inclinaison dorsale gauche au niveau dorsal moyen (D4-D9). Finalement, le bassin bascule également car le poids du corps se répartit sur le membre inférieur droit (ilium antérieur) (Figure 11, 12 et 13).



> Figure 11 : mécanisme d'adaptation



> Figure 12 : adaptation



> Figure 13 : après normalisation des ATM

Ceci constitue un modèle biomécanique mandibulo-vertébral élaboré par *Thomas KALUZNY* (ostéopathe) et *Georges KALUZNY* (médecin-dentiste). Ce modèle est purement observationnel et aucune étude n'en a démontré, à ce jour, les fondements cliniques.

### Rôle et prise en charge de l'ostéopathe

Avec la compréhension de l'impact que peut avoir le maintien d'une déglutition primaire sur la croissance des maxillaires et plus largement sur la face, l'impact d'une lèvre supérieure hypotone sur les incisives supérieures, l'impact d'un muscle carré du menton hyperactif sur la croissance mandibulaire et l'impact d'une malocclusion générée par les dysfonctions oro-faciales pré-citées sur la posture de l'enfant<sup>(20)</sup>, l'ostéopathe a un rôle majeur dans la prise en charge de ces pathologies. La prise en charge doit être la plus précoce possible, aux alentours de 3-4 ans. Il est nettement plus facile d'apprendre à un enfant de 4 ans à déglutir avec la langue au palais qu'à un enfant de 10 ans. En effet un palais qui se développe dès l'âge de 3 ans sous la poussée linguale ne sera probablement pas le même si cette même langue épouse le palais à 10 ans. La génétique participe à la détermination de la forme et de la taille de chacun, mais l'environnement y contribue aussi. Le rôle de l'ostéopathe est aussi préventif car la maman d'un enfant de 12 mois à qui on explique les conséquences d'une lolette, d'un pouce ou d'un biberon au-delà de 2-3 ans est une maman avertie. La prise en charge ostéopathique va donc commencer par le diagnostic des différentes dysfonctions oro-faciales ainsi que leurs facteurs de risques. Une anamnèse ciblée sur les conditions d'accouchement (césarienne, instruments utilisés...), sur les habitudes alimentaires et de succion du jeune patient seront primordiales afin de permettre une prise en charge adaptée. Il s'agit de faire cesser toutes habitudes de succion éventuelles (lolette, pouce, biberon, peluches, coins d'oreiller...), car tant que le réflexe de succion n'est pas supprimé, toute tentative de corriger la posture linguale sera vaine. Il est important également lors de l'anamnèse de questionner les parents sur l'état de santé ORL du patient (angine, sinusite, rhinite, otite à répétition), car cela peut être une cause possible (respiration buccale) de maintien d'une déglutition primaire. Si nécessaire, il convient de demander l'avis d'un ORL; parfois une adénoïdectomie<sup>(5)</sup> améliore la respiration nasale. Il ne faut pas négliger les terrains allergiques (aériens et alimentaires) et le tabagisme passif. Il convient également de se renseigner sur des traumatismes « violents » éventuels sur la face dans les antécédents. Il est fréquent que les enfants chutes sur la face durant leurs premières années de vie avec parfois des fractures-fissures au niveau des incisives. Ce type de choc violent sur le maxillaire peut impacter la suture fronto-maxillaire avec comme résultat un point fixe dans la suture. Ceci peut avoir comme effet de diminuer la croissance<sup>(21)</sup> du demi-maxillaire concerné et le freiner dans sa poussée (en donnant des asymétries occlusales par la suite). A l'aide de tests ostéopathiques, ainsi qu'une observation pertinente des asymétries faciales éventuelles du patient, l'ostéopathe détermine si des zones du crâne sont rigides en évaluant les tissus qui l'enveloppent. Les tests spécifiques réalisables au cabinet (de la déglutition, de la tonicité du muscle carré du menton, de l'orbiculaire supérieure ainsi que des muscles buccinateurs) permettent de déterminer s'il y a persistance ou présence de dysfonctions oro-faciales. Il

s'agira de s'assurer également que le patient respire bien par le nez. Un contrôle postural doit donc être effectué en position assise, couchée et debout afin d'apprécier la ceinture scapulaire, pelvienne et les courbures vertébrales. L'ostéopathe effectue ensuite un bilan orthodontique du patient afin de faire le lien entre malocclusions, problème postural éventuel et dysfonctions oro-faciales. La pathologie orthodontique se détecte dans la majeure partie des cas déjà en denture lactéale et les règles d'occlusodontie sont valables également en denture lactéale. La prise en charge de l'ostéopathe doit donc être articulaire, tissulaire et viscérale si nécessaire. Il contrôle et adapte les exercices de rééducation oro-faciale. Par des exercices spécifiques, l'enfant peut rééquilibrer ses muscles faciaux et ainsi permettre à la structure osseuse une croissance physiologique exempte de compressions musculaires répétitives et inadéquates<sup>(22)</sup> :

- Tonification des muscles linguaux
- Tonification du releveur de l'aile du nez
- Tonification du muscle orbiculaire supérieur
- Inhibition du muscle carré du menton
- Etirement du muscle buccinateur
- Désynchronisation labio-linguale lors de la déglutition
- Stimulation de la respiration nasale

La technique « d'inhibitions du trijumeau » (technique qui permet d'inhiber les voies efférentes de celui-ci) peut être pratiquée à chaque séance afin de relâcher les tensions et compressions des muscles masticateurs (masséter et temporal) sur les ATM. Cette décompression des ATM permet une meilleure croissance mandibulaire. Enfin il est conseillé d'utiliser des gouttières dites myofonctionnelles<sup>(23)</sup> durant le sommeil de l'enfant afin de « forcer » sa langue à se positionner correctement. Il y a entre 2000 et 3000 déglutitions par 24 h. Lorsqu'un enfant déglutit correctement durant son sommeil à l'aide de la gouttière myofonctionnelle, les mécanismes d'automatisation seront toujours stimulés. Même endormi, un cerveau soumis à des stimuli extérieurs, continue à donner des réponses motrices appropriées<sup>(24)</sup>. C'est l'automatisation de la déglutition secondaire que l'on recherche. Ce n'est pas parce qu'un enfant arrive à déglutir correctement qu'il le fera spontanément. La durée du traitement sera fonction de l'assiduité des parents et de l'enfant à effectuer les exercices à domicile et du port régulier de la gouttière. Pour le port de la gouttière il faut s'assurer qu'il n'y a pas de problème de respiration nasale (respiration nasale impossible à ne pas confondre avec un respirateur buccal qui peut respirer par le nez mais ne le fait pas). L'ostéopathe doit suivre son patient régulièrement et doit veiller au bon équilibre postural et crânio-facial de ce dernier. Le traitement prend fin lorsque qu'il y a normalisation des dysfonctions oro-faciales et automatisation de la déglutition secondaire. Les résultats au niveau orthodontique sont très concluants lorsque les dysfonctions sont normalisées, car les patients traités sont en âge de croissance et ils retrouvent très vite une normocclusion dans la plupart des cas. Les résultats orthodontiques se prolongent encore des mois, voire des années après en correction presque spontanée. Dès que la matrice fonctionnelle est corrigée, la structure osseuse peut se développer harmonieusement. Finalement une prise en charge précoce de ces dysfonctions est très bénéfique pour le jeune patient, car cela minimisera un éventuel traitement orthodontique futur.



## Cas cliniques

- Mlle P. 7 ans (Figure 14 et 15), a sucé son pouce jusqu'à l'âge de 5 ans. Elle n'a pas eu de lolette et a bu au biberon jusqu'à l'âge de 3 ans. Depuis la petite enfance elle présente des rhinites chroniques.

**Diagnostic orthodontique :** occlusion croisée gauche et classe II à gauche avec désalignement médio-incisif.

**Dysfonctions oro-faciales constatées :** respiration buccale nocturne, ainsi qu'une déglutition infantile. Incompétence labiale supérieure et hypertonie du muscle carré du menton.

**Diagnostic ostéopathique :** ilium antérieur gauche (membre inférieur gauche plus long en décubitus dorsal), épaule gauche surélevée en position debout. Test de densité osseuse positif pour le maxillaire gauche (confirmé à l'observation faciale : maxillaire gauche moins développé).

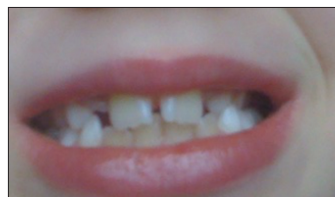
**Traitement :** La patiente a été vue 18 fois en 30 mois. A chaque séance il y avait contrôle et normalisation si nécessaire de sa posture pour lui permettre une croissance vertébrale équilibrée jusqu'à correction de l'occlusion croisée. La normalisation posturale consistait en l'équilibration des tensions des muscles masticateurs (ptérygoïdiens). Le résultat était immédiat : équilibration de la longueur des deux membres inf.

Durant ces séances un travail de décompression du maxillaire gauche relativement à ses sutures était pratiqué ainsi qu'une stimulation des sutures intermaxillaires et interpalatines (technique intra buccale rythmique exerçant une force transversale). Une rééquilibration mandibulaire afin de corriger la déviation ainsi qu'une « inhibition » du trijumeau étaient également réalisées. Des exercices à pratiquer à domicile quotidiennement ont été mis en place dans le but de :

- tonifier le muscle labial supérieur (retenir un bouton de chemise attaché à une ficelle en pinçant les lèvres);
- réveiller la proprioception langue-palais (en effectuant un thrust linguale au palais);
- inhiber la contraction excessive du muscle carré du menton (en amenant les lèvres dans une position contractée durant la déglutition).

Ces exercices étaient systématiquement contrôlés durant les séances et corrigés si nécessaire. Dès le début du traitement, une gouttière myofonctionnelle de type T4K de la marque « Myobrace » a été remise à la patiente et a dû être portée toutes les nuits. Le T4K a pour but de forcer une position de la langue au palais lors de la déglutition et ainsi permettre à la patiente d'acquérir une automatisation de la déglutition secondaire.

**Résultat :** Correction des dysfonctions oro-faciales avec disparition de l'occlusion croisée, réalignement médio-incisif et classe I bilatérale. Apparition d'une ventilation nasale nocturne. Posture équilibrée.



› Figure 14 : avant traitement



› Figure 15 : 30 mois après traitement

## Discussion

Beaucoup d'études ont mis en lumière l'efficacité du port d'appareillages myofonctionnels pour la correction de malocclusions (4-7). Ceux-ci semblent stimuler la croissance osseuse chez les pré-adolescents. De même on retrouve dans la littérature de nombreuses études mettant en corrélations des dysfonctions oro-faciales et des malocclusions. Malheureusement à ce jour, il manque des données scientifiques quant aux bénéfices que peut apporter un traitement ostéopathique associé ou non au port de ce type d'appareillages myofonctionnels.

D'autres approches combinant un traitement orthodontique ainsi qu'une prise en charge en logopédie se pratiquent de plus en plus. Il manque de publications, pourtant suggérées (25), pour valider le concept de correction des dysfonctions oro-faciales dans la prise en charge des troubles orthodontiques.

Il existe des recommandations (26) selon lesquelles un traitement orthodontique seul ne suffit pas et devrait être combiné à une prise en charge des dysfonctions oro-faciales.

Le modèle biomécanique mandibulo-cervical « Kaluzny » présente l'avantage d'être un outil diagnostique rapide dans les cas descendants. Mais il sera limité par le fait qu'il n'intègre pas les cas mixtes, à savoir ascendants et descendants, ce qui n'est évidemment pas toujours le cas en clinique. Il faut donc en tenir compte lors de l'examen clinique postural d'un patient présentant une dysfonction crânio-mandibulaire. Une présentation théorique de chaque cas peut devenir complexe dès qu'il existe une influence mixte ascendante et descendante.

Peu nombreux sont les orthodontistes dit « fonctionnalistes » qui abordent la pathologie orthodontique considérant une étiologie oro-faciale et plus particulièrement linguale. Ces derniers collaboreront volontiers avec des logopédistes et des ostéopathes. Mais bien souvent les enfants sont pris en charge trop tardivement nécessitant déjà des appareillages plus invasifs.

Grâce au cas clinique décrit dans cet article, nous montrons que le port d'un appareillage myofonctionnel associé à des exercices de correction des dysfonctions oro-faciales ainsi qu'à une prise en charge ostéopathique tant sur la posture que sur les phénomènes lésionnels de la sphère crânio-faciale peuvent modifier l'occlusion des patients. Sur le plan scientifique on est en droit de se poser la question : qui a fait quoi ?

De futures études sont suggérées afin de définir quelles sont les bénéfices d'un traitement ostéopathique sur le développement crânio-facial d'enfants présentant une malocclusion. Et plus spécifiquement chez des enfants âgés de 0 à 4 ans présentant des asymétries du développement facial dues à une position intra-utérine compressive, l'utilisation de forceps ou

encore dues à des traumatismes faciaux mineurs. L'auteur suggère des études sur l'efficacité d'un traitement ostéopathique crânien pur ayant pour but de normaliser les forces de compression-décompression au niveau des sutures crâniennes (en agissant au niveau musculaire et/ou facial) dans des cas d'enfants ayant développé une pathologie orthodontique.

## Conclusions

L'utilisation trop tardive de tétines, loettes ou suçage de pouce risque de provoquer des pathologies orthodontiques par action directe sur la dentition et indirecte en empêchant l'acquisition d'une déglutition secondaire à un moment clé du développement crânio-facial de l'enfant. L'absence de respiration nasale joue également un rôle dans l'apparition de ces pathologies orthodontiques.

Une prise en charge pluridisciplinaire et codifiée serait souhaitable dans le futur. Un diagnostic précoce des dysfonctions oro-faciales pourrait être déjà réalisé par les pédiatres qui voient les nourrissons de manière régulière. De cette manière on pourrait certainement diminuer le pourcentage d'enfants touchés par des troubles orthodontiques. Une collaboration avec les ORL serait très utile aux praticiens impliqués dans la gestion de ces dysfonctions oro-faciales chez leurs patients.

Par ailleurs tout praticien de la santé qui consulte des enfants devrait s'interroger et envisager une origine occlusale possible lorsqu'il constate un trouble postural ou une scoliose chez son patient.

L'approche des troubles orthodontiques en pédiatrie passe par la connaissance du développement crânio-facial et la compréhension des mécanismes inhérents à celui-ci. Cette prise en charge est parfaitement compatible avec le concept ostéopathique général, puisqu'il s'agit de rééquilibrer les forces musculaires ainsi que les forces de compression au niveau sutural tout en veillant à l'équilibre postural du patient.

## Implications pour la pratique

- L'implication de l'occlusion dentaire sur la posture est réelle tant chez l'adulte que chez l'enfant et il convient d'en tenir compte dans la pratique ostéopathique.
- Il est nécessaire d'intégrer les ATM et le type de respiration (nasale ou buccale) dans les anamnèses des patients.
- La prévention auprès des futurs ou jeunes parents quant à l'utilisation prolongée de tétines revêt une importance particulière.
- Plus la prise en charge sera précoce, plus grande seront les chances de succès des corrections.

## Contact

Thomas Kaluzny  
Th.kaluzny@gmail.com

## Références

1. Lindsten R. Secular changes in tooth size and dental arch dimensions in the mixed dentition. *Swed Dent J Suppl.* 2003;157:1-89.
2. Bresolin D, Shapiro PA, Shapiro GG, Chapko MK, Dassel S. Mouth breathing in allergic children: its relationship to dentofacial development. *Am J Orthod.* 1983;83(4):334-40.
3. Bresolin D, Shapiro GG, Shapiro PA, Dassel SW, Furukawa CT, Pierson WE, Chapko M, Bierman CW. Facial characteristics of children who breathe through the mouth. *Pediatrics.* 1984;73(5):622-5.
4. Defabianis P. Impact of nasal airway obstruction on dentofacial development and sleep disturbances in children: preliminary notes. *J Clin Pediatr Dent.* 2004;27(2):95-100.
5. Woodside DG, Linder-Aronson S, Lundstrom A, McWilliam J. Mandibular and maxillary growth after changed mode of breathing. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991;100(1):1-18.
6. Delaire J. Considérations sur la croissance faciale (en particulier du maxillaire supérieur). *Déductions thérapeutiques. Revue de Stomatologie,* 1971;72:57-76.
7. Ramirez-Yañez, GO, Junior E, Sidlauskas A, Flutter J, Farell C. Dimensional changes in the dental arches after using a pre-fabricated functional appliance. *J Clin Pediatr Dent.* 2007;31(4):279-83.
8. Usumez S, Uysal T, Sari Z, Basciftci FA, Karaman AI, Guray E. The effects of early preorthodontic Trainer treatment on Class II, division 1 patients. *Angle Orthod.* 2004;74(5):605-9.
9. Quadrelli C, Gheorgiu M, Marchetti C, Ghiglione V. Early myofunctional approach to skeletal Class II. *Mondo Orthod.* 2002;27(2):109-22.
10. Wheeler T, McGorray S, Dolce C, Taylor M, King G. Effectiveness of Early treatment of Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2002; 121(1):9-17.
11. Ben-Bassat Y, Yitschaky M, Kaplan L, Brin I. Occlusal patterns in patients with idiopathic scoliosis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130(5):629-33.
12. Liu Z-J, Shcherbaty V, Gu G, Perkins JA. Effects of tongue volume reduction on craniofacial growth: a longitudinal study on orofacial skeletons and dental arches. *Archives of oral biology.* 2008;53(10):991-1001.
13. Defabianis P. Ankyloglossia and its influence on maxillary and mandibular development. (A seven years follow-up case report). *The Functional Orthodontist.* 1999, 17(4):25-33.
14. Kasparaviciene K, Sidlauskas A, Zasciurinskiene E, Vasiliauskas A, Juodzbalys G, Sidlauskas M, Marmaitte U. The prevalence of malocclusion and oral habits among 5-7-year-old children. *Med Sci Monit.* 2014;20:2036-42.
15. Talmant J, Deniaud J. The role of the maxillary incisors in the development of the base of the nose. Applications in dento-facial orthopedics. *Orthod Fr.* 2006;77(1):19-62.
16. Dixit UB, Shetty RM. Comparison of soft-tissue, dental, and skeletal characteristics in children with and without tongue thrusting habit. 2013;4(1):2-6.
17. Tosello DO, Vitti M, Berzin F. EMG activity of the orbicularis oris and mentalis muscles in children with malocclusion, incompetent lips and atypical swallowing--part II. *J Oral Rehabil.* 1999;26(8):644-9.
18. Ries LG, Alves MC, Bérzin F. Asymmetric activation of temporalis, masseter, and sternocleidomastoid muscles in temporomandibular disorder patients. *Cranio.* 2008;26(1):59-64.
19. Végh A, Fábian G, Jianu R, Segatto E. Orofacial characteristics of adolescents with diagnosed spinal disorders. *Biomed Tech (Berl).* 2012;57(1):65-9.
20. Saccucci M, Tettamanti L, Mummolo S, Polimeni A, Festa F, Tecco S. Scoliosis and dental occlusion: a review of the literature. *Scoliosis.* 2011;6:15.
21. Resnick JI, Kinney BM, Kawamoto HK, Jr. The effect of rigid internal fixation on cranial growth. *Ann Plast Surg.* 1990;25(5):372-4.
22. Schievano D, Rontani RMP, Berzin F. Influence of myofunctional therapy on the perioral muscles. Clinical and electromyographic evaluations. *J. Oral Rehabil.* 1999;26(7):564-9.
23. Tallgren A, Christiansen R, Ash MM, Miller RL. Effects of a myofunctional appliance on orofacial muscle activity and structures. *Angle Orthodontist* 1998;68(3):249-258
24. Kouider S, Andriillon T, Barbosa LS, Goupil L, Bekinshtein TA. Inducing task-relevant responses to speech in the sleeping brain. *Curr Biol.* 2014;22;24(18):2208-14.
25. Van Lierde KM, Luyten A, D'haeseleer E, Van Maele G, Becue L, Fonteyne E, Corthals P, De Pauw G. Articulation and oromyofunctional behavior in children seeking orthodontic treatment. *Oral Dis.* 2015;21(4):483-92.
26. Saccomanno S, Antonini G, D'Alatri L, D'Angelantonio M, Fiorita A, Deli R. Causal relationship between malocclusion and oral muscles dysfunction: a model of approach. *Eur J Paediatr Dent.* 2012;13(4):321-3.

**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.**



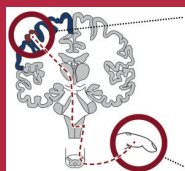
L'Association suisse de physiothérapie



# LA STIMULATION CÉRÉBRALE DU BOUT DES DOIGTS

LA STIMULATION AVEC TIPSTIM® :  
UNE APPROCHE ENTIÈREMENT NOUVELLE DE  
LA RÉÉDUCATION APRÈS UN AVC

- Induction renforcée de la neuroplasticité.
- Amélioration significative des capacités sensorielles et motrices.
- Efficacité prouvée par des études cliniques.
- Traitement sans effet secondaire et indolore.
- Facile à utiliser et à intégrer dans la vie quotidienne.
- Ne nécessite pas d'attention et de coopération particulières du patient.



Activation réceptive

Stimulation du bout des doigts



- Veuillez me faire parvenir de la documentation.
- Je voudrais une démonstration.
- Veuillez m'appeler pour convenir d'un rendez-vous.

**Talon réponse**

Nom

NPA / Localité

Adresse

Tél.

Parsenn Produkte AG  
Klus, CH - 7240 Küblis

Tel. 081 300 33 33  
Fax 081 300 33 39

www.parsenn-produkte.ch  
info@parsenn-produkte.ch

**parsenn-produkte ag**  
kosmetik • pharma • medizintechnik



**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

TEL : 0033 6 12 08 63 76



## ADDENDUM à l'article

« Traduction, adaptation transculturelle francophone, validité et fiabilité du questionnaire sur la peur de chuter chez les blessés médullaires « Spinal Cord Injury – Falls Concern Scale » (SCI-FCS): une étude préliminaire »

Paru dans le N°1 (2017)  
de Mains Libres

Les auteurs souhaitent remercier :

*M. Bernhard Aebischer,*

Physiothérapeute Msc PT, sous-chef de la physiothérapie à l'hôpital de Münsingen pour les discussions quant aux questionnaires à utiliser pour évaluer la validité de construit et

*M. Roger Hilfiker,*

Professeur ordinaire à la HES-SO Valais-Wallis pour son soutien en matière de statistique.

# La force isométrique maximale de la flexion et de l'extension du genou à l'aide d'un dynamomètre manuel: une étude de reproductibilité

## Maximal knee isometric strength in flexion and extension using a manual dynamometer: a reproducibility study

CAROLINE INDERMÜHLE<sup>1</sup> (BSc PT), DUNJA HENGUELY<sup>2</sup> (BSc PT), ANNE-GABRIELLE MITTAZ HAGER<sup>3</sup> (PT, MSc)

1 Espace Interdisciplinaire de Thérapies de la Riviera (EITR), Montreux, Suisse

2 Physiothérapie Cuennet JMC Sàrl, Marly, Suisse

3 Haute École Spécialisée de Suisse Occidentales (HES-SO), Valais / Wallis, Loèche-les-Bains, Suisse

Ce projet a été accepté par la Commission cantonale valaisanne d'éthique médicale le 24.11.2015 (CCVEM 047/15)

L'étude a été financée par l'HES-SO Valais-Wallis

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

Nous souhaitons remercier *Roger Hilfiger* pour sa contribution aux analyses statistiques

### Keywords

MicroFET2 hand-dynamometer, maximum isometric strength, reliability, knee

### Mots clés

Dynamomètre manuel microFET2, force isométrique maximale, fiabilité, genou

### Abstract

**Introduction:** the assessment of muscle strength is an essential part of physiotherapeutic management. Manual testing is subjective and not very accurate to quantify the force when it is high. Objectivity is nevertheless necessary and depends on the quality of the measures. Manual dynamometers, such as microFET2 have been developed to evaluate objectively the effectiveness of treatments. The aim of this study is to assess the intra- and inter-examiner reliability of the microFET2 dynamometer for measurements of the maximum isometric force of the knee flexors and extensors .

**Method:** the study took place at the physiotherapy school of Leukerbad. The isometric force in flexion and extension of the knee were evaluated on a sample of 30 participants. So that the results are applicable to other physiotherapists, the intra- and inter-examiner reliability was analyzed using the ICC<sub>2,k</sub> (2-way-random-model). For absolute reliability, the standard error of measurement (SEM) and minimal detectable change (SDD) were calculated.

### Résumé

**Introduction:** l'évaluation de la force musculaire est un élément essentiel de la prise en charge physiothérapeutique. Le testing manuel se révèle subjectif et peu précis pour quantifier la force lorsqu'elle est élevée. L'objectivité est pourtant nécessaire et dépend de la qualité des mesures. Les dynamomètres manuels, tels que le microFET2 ont été développés afin d'évaluer l'efficacité des traitements de manière objective. L'objectif est d'évaluer la reproductibilité intra et inter-examineur du dynamomètre microFET2, pour les mesures de la force isométrique maximale des fléchisseurs et des extenseurs du genou.

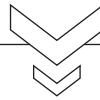
**Méthode:** l'étude s'est déroulée à l'école de physiothérapie de Loèche-les-Bains, avec un échantillon de 30 participants. Afin que les résultats puissent être applicables à d'autres physiothérapeutes, la fiabilité intra et inter-examineur a été analysée à l'aide de l'ICC<sub>2,k</sub> (2-way-random-model). La fiabilité absolue a été évaluée par l'erreur standard de mesure (SEM) et le changement détectable minimal (SDD).

**Results:** for intra-examiner reliability the ICC<sub>2,k</sub> values for flexion are 0.92 [95% IC 0.82-0.96] and for the extension 0.99 [95% IC 0.98-0.99]. For inter-examiner reliability the values of the ICC<sub>2,k</sub> are between 0.95-0.96 for the flexion and 0.96 for the extension (p < 0.05).

**Discussion and Conclusion:** the hand-held dynamometer MicroFET2 achieves excellent reliability for the tested movements with a standardized protocol. This affordable measurement tool is easy to use in physiotherapy daily practice.

**Résultats:** les valeurs ICC<sub>2,k</sub> pour la fiabilité intra-examineur, sont de 0,92 [IC 95% 0,82-0,96] pour la flexion et de 0,99 [IC 95% 0,98-0,99] pour l'extension. Pour la fiabilité inter-examineur les valeurs ICC<sub>2,k</sub> se situent entre 0,95-0,96 pour la flexion et à 0,96 pour l'extension (p < 0,05).

**Discussion et Conclusion:** le dynamomètre manuel MicroFET2 présente une excellente reproductibilité pour les mouvements testés avec un protocole standardisé. Cet outil de mesure d'un prix abordable est facilement utilisable dans la pratique quotidienne des physiothérapeutes.



## 1. Introduction

L'évaluation de la force musculaire est un élément essentiel de la prise en charge physiothérapeutique <sup>(1)</sup>. Il est primordial et pertinent d'évaluer cette force avec précision pour objectiver la présence d'un déficit, effectuer des comparaisons ou encore suivre la progression d'un traitement <sup>(2)</sup>. Le testing manuel est la méthode la plus communément utilisée <sup>(3)</sup>. Il se révèle toutefois subjectif et peu précis pour quantifier la force lorsqu'une personne est capable de réaliser un mouvement dans toute son amplitude et contre la pesanteur, c'est-à-dire lorsque la force est égale ou supérieure à 3 <sup>(4)</sup>. Les cotations de 0 à 3 de la méthode manuelle de *Daniels* et *Worthingham* contiennent suffisamment de preuves objectives visuelles <sup>(5)</sup>. Par contre, les cotations 4 et 5 ne sont de loin pas assez précises, car il existe un large éventail de forces supérieures à 5. L'objectivité est pourtant nécessaire lors de l'évaluation musculaire et dépend de la qualité des mesures.

Les appareils isocinétiques, par contre, permettent d'évaluer la force de manière objective, fiable et valide <sup>(6)</sup>. Ils sont souvent utilisés comme « gold standard » auquel sont comparés d'autres instruments de mesure de la force <sup>(7)</sup>. Cependant, leur coût est élevé et leur mode d'utilisation ne permet pas de réaliser des tests au quotidien <sup>(8)</sup>.

Les dynamomètres manuels sont des outils de mesure portables, de petite taille, peu coûteux et simples à utiliser <sup>(8-10)</sup>. Ils sont utiles dans la pratique clinique car ils permettent d'obtenir une mesure objective en moins de quatre minutes <sup>(11)</sup>. Parmi les dynamomètres manuels, le microFET2 <sup>(12)</sup> a été développé afin d'évaluer l'efficacité des traitements de manière objective <sup>(5)</sup>.

Cependant, les qualités de mesure des dynamomètres isométriques ne sont pas encore clairement établies. *Schrama et al.* <sup>(13)</sup> relèvent des fondements scientifiques parfois non concordants concernant la reproductibilité de cet instrument. Ils constatent que la qualité méthodologique des études de validation est insuffisante, notamment par rapport à la mise en aveugle des évaluateurs et des participants, ainsi qu'à l'ordre non randomisé des tests.

Trois revues systématiques concernant la dynamométrie manuelle relèvent également que les études ne détaillent pas suffisamment leurs procédures d'utilisation pour qu'elles soient

reproductibles <sup>(8,13,14)</sup>. De plus, un certain manque de reproductibilité a également été observé lors de son utilisation dans une étude pilote <sup>(15)</sup>.

Ces éléments justifient la mise en place d'études rigoureuses pour évaluer la qualité de mesure des dynamomètres isométriques. Afin d'évaluer la reproductibilité du dynamomètre manuel MicroFET2 pour la force maximale des membres inférieur, nous avons choisi d'évaluer les mouvements de flexion et d'extension du genou. Ces deux mouvements font partie des mouvements fonctionnels les plus testés dans la littérature <sup>(16-18)</sup>.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la reproductibilité intra et inter-examineur du dynamomètre manuel microFET2 pour les mesures de la force isométrique maximale de la flexion et l'extension du genou en utilisant un protocole standardisé. Nous posons l'hypothèse que ces mesures sont reproductibles, pour autant qu'une procédure d'utilisation standardisée soit utilisée. Nous avons défini que le coefficient de corrélation intraclass devait être supérieur à 0.80 pour que les mesures soient considérées comme suffisamment reproductibles pour la pratique clinique. <sup>(19)</sup>

## 2. Méthode

Pour cette étude de reproductibilité, trois physiothérapeutes (A, B et C) ont évalué la force isométrique maximale de la flexion et de l'extension du genou des participants à l'aide du dynamomètre manuel MicroFET2, selon une procédure standardisée. L'ordre de passage de la flexion et de l'extension était randomisé. Les physiothérapeutes et les participants étaient en aveugle par rapport aux résultats.

L'échantillon comprenait une population d'adultes âgés entre 18 et 65 ans, hommes ou femmes. Les critères d'inclusion étaient: 1. Posséder une amplitude d'au moins 90° de flexion de genou; 2. Posséder une endurance qui leur permettait de réaliser les tests sur une durée de 60 minutes. Le seul critère d'exclusion était la présence de douleurs aiguës au niveau du genou. Tous les participants ont signé le consentement éclairé après avoir reçu une lettre d'information. Les participants avaient le droit d'interrompre leur participation à n'importe quel moment et pour n'importe quelle raison.

Le matériel nécessaire à cette étude comprenait une table de massage avec hauteur réglable, une chaise, un minuteur (ap-



plication Tabata Pro), deux sangles, une planche en bois, un protège-tibia pour le confort du participant et deux dynamomètres manuels (MicroFET2, Hoggan Health, Salt Lake City, USA) <sup>(12)</sup>, avec embout incurvé, que nous avons fait calibrer avant le début de l'étude.

La procédure utilisée a été élaborée sur la base de la littérature scientifique et des recommandations de l'American Society of Exercise Physiologists (ASEP) et du guide « Measurement in medicine » <sup>(20)</sup>. Les éléments suivants ont été retenus et appliqués :

- Appliquer la résistance perpendiculairement au membre testé <sup>(21,22)</sup> durant toute la contraction selon la technique du « make test » car elle comporte moins de risque de lésion <sup>(23)</sup> et a été démontrée plus fiable que la technique du « break test » <sup>(24,25)</sup>. Du fait que la force maximale est atteinte en une ou deux secondes, l'évaluateur peut s'adapter progressivement à la force générée par le sujet <sup>(26)</sup>. Cette technique permet un meilleur contrôle de la contraction <sup>(27)</sup>.
- Spécifier et contrôler la position du corps afin que les valeurs obtenues soient comparables <sup>(28)</sup>. Il est important que la position reste constante <sup>(26)</sup>.
- Stabiliser le patient afin de prévenir les compensations musculaires <sup>(8)</sup>.
- Adapter l'embout du dynamomètre (plat ou incurvé) à la surface testée pour éviter un inconfort <sup>(21)</sup> et ne pas restreindre l'effort maximal <sup>(26)</sup>.
- Dêvêtir l'articulation testée.
- Utiliser des sangles pour augmenter la stabilisation lorsque les groupes musculaires testés induisent des mouvements de compensation trop importants.
- Tendre les sangles de manière à ce qu'il n'y ait plus de mouvement possible, tout en respectant le confort et la non-douleur du participant.
- Assurer une prise ferme du dynamomètre afin de ne pas autoriser de glissement.
- Eviter de se positionner face au mouvement testé pour éviter un accident si une sangle lâche.
- Veiller à ne pas appliquer de force durant la phase de préparation et décoller complètement le dynamomètre du membre testé à la fin de la contraction afin d'obtenir une mesure correcte de la force.

Le positionnement des participants et les moyens de fixation ont été suivis de manière rigoureuse selon les descriptions décrites dans l'annexe 1 (page 36), afin de minimiser les mouvements associés ou compensatoires éventuels (Figure 1: Flexion; Figure 2: Extension). Deux vidéos présentent le déroulement de ces évaluations (Vidéo pour la flexion disponible sur le lien suivant: [https://www.youtube.com/watch?v=Yw\\_UhbA6NDY](https://www.youtube.com/watch?v=Yw_UhbA6NDY); Vidéo pour l'extension: <https://www.youtube.com/watch?v=WBQzpt5fOMs>).

Les physiothérapeutes se sont entraînées à l'utilisation du MicroFET2 durant deux mois. Tous les participants ont complété un document de recueil des données de base qui comprenait le code d'identification, le sexe, l'âge, le poids, la taille, le ou les sports pratiqués, le côté testé, la présence de problème articulaire et l'évaluation de la douleur sur une échelle visuelle analogique (EVA). Les évaluations se sont déroulées sur une période de cinq semaines. Les données ont été enregistrées sur place dans un tableau EXCEL.

Pour évaluer la reproductibilité intra-examineur, chaque participant a participé à deux sessions de test. L'intervalle de temps entre le test et le retest devait permettre à la fois la stabilité des caractéristiques des participants et l'absence d'interférences entre les deux sessions de tests <sup>(20)</sup>. Cet intervalle permettait d'éliminer les éventuelles interférences comme les courbatures, la fatigue ou la douleur dues à la première session. Les participants ont été priés de ne pas changer leurs habitudes et de ne pas commencer une nouvelle activité physique durant cette période. La deuxième session de test s'est déroulée entre trois et dix jours après la première.

Lors des deux sessions de test, les physiothérapeutes ont utilisé le même dynamomètre <sup>(29)</sup>. Elles étaient accompagnées par une collègue qui jouait le rôle de scribe chargée de relever les données recueillies en Newton sur les dynamomètres et de les reporter sur un tableau EXCEL. Elle était également chargée d'annoncer aux participants le compte à rebours avant la contraction suivante.

Lors de la première rencontre, les participants ont été évalués par deux physiothérapeutes (A et B). La procédure était identique pour la flexion et pour l'extension.

Selon les recommandations de l'ASEP, les participants ont réalisé cinq contractions isométriques d'une durée de cinq secondes afin d'enregistrer les pics de force maximale. Entre chaque contraction, les participants disposaient d'une pause d'une minute pour permettre une récupération adéquate entre chaque contraction maximale <sup>(9)</sup>.

Pour standardiser les durées de contraction et de récupération lors de la réalisation des évaluations, nous avons utilisé l'application « Tabata Pro ». Nous y avons programmé trois « Bip » sonores, pour les cinq contractions musculaires: 1<sup>er</sup>: début de la préparation (10 secondes), 2<sup>e</sup>: début de la contraction, 3<sup>e</sup>: fin de la contraction (5 secondes) et début de la pause (1 minute), et ainsi de suite. À 50 secondes de pause, les 10 secondes de préparation pour la prochaine contraction était annoncées à haute voix. La scribe enclenchait l'application dix secondes avant le début de la première contraction et annonçait « Début dans 10 secondes » pour chaque contraction. Cette durée permettait à la physiothérapeute et au participant de se préparer. La scribe a ensuite décompté à haute voix les trois dernières secondes « 3, 2, 1, GO ».

Les deux premières contractions étaient des contractions d'essai: la première avec un déploiement de force modérée, la deuxième avec une contraction maximale. Les participants devaient augmenter progressivement l'intensité de chaque contraction de manière à atteindre le niveau de contraction

demandé en deux secondes. L'augmentation progressive de la force permettait à la physiothérapeute de contrôler la stabilisation du dynamomètre lors de la contraction <sup>(26)</sup>. Les participants devaient ensuite maintenir cette contraction durant les trois secondes. Les 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> contractions isométriques ont été réalisées avec la force maximale. Les données de ces trois contractions ont été relevées en Newton. Aucune motivation externe n'a été donnée lors de la réalisation des contractions <sup>(28)</sup>.

À la deuxième session de test les participants ont à nouveau été évalués par deux physiothérapeutes, selon la même procédure que lors de la première. La première physiothérapeute était la physiothérapeute A de la première rencontre et la seconde était une nouvelle physiothérapeute (C).

## 2.1. Méthode statistique

### 2.1.1. Détermination de l'échantillon

Vet *et al.* <sup>(20)</sup> recommandent un échantillon de 50 personnes pour atteindre un intervalle de confiance (IC) 95 % de  $\pm 0,1$  pour un coefficient de corrélation intra-classe (ICC) de 0,8. Selon la formule de Walter *et al.* <sup>(30)</sup>, pour un ICC entre 0,8 et 0,9, un échantillon de 46 personnes est souhaité. Pour des raisons organisationnelles, nous avons recruté 30 personnes. Bien qu'inférieure à la taille idéale, cette taille d'échantillon était suffisante pour obtenir une approximation raisonnablement précise de la reproductibilité.

### 2.1.2. Analyses statistiques

Les données quantitatives sont exprimées par la moyenne  $\pm$  la déviation standard (SD). Les données de mesure du dynamomètre manuel MicroFET2 ont été reportées en Newtons (moyenne  $\pm$  déviation standard).

La reproductibilité relative des mesures a été évaluée à l'aide des coefficients de corrélation intraclass ICC<sub>2,1</sub> pour la reproductibilité des trois mesures consécutives réalisées par le même physiothérapeute. Ce calcul a été réalisé pour chaque physiothérapeute. Cette méthode nous a permis de prendre en compte toutes les valeurs relevées, de manière indépendante.

Pour évaluer la reproductibilité intra-examineur et inter-examineur, nous avons utilisé les coefficients de corrélation intraclass ICC<sub>2,k</sub>. Cette méthode qui calcule les corrélations sur la base des moyennes des trois mesures obtenues, permet de compenser et de réduire les erreurs de mesure <sup>(20)</sup>. Ces deux coefficients prennent en compte l'erreur aléatoire et l'erreur systématique <sup>(31)</sup>.

Afin de savoir si la valeur réelle du coefficient de reproductibilité est proche de l'estimation, nous avons calculé les intervalles de confiance (IC, 95 %) des ICC.

La grandeur et le poids des physiothérapeutes, ainsi que le type de prise, pouvaient potentiellement influencer leur habileté à stabiliser le dynamomètre et donc influencer la reproductibilité du test, particulièrement lors du testing des muscles forts <sup>(32)</sup>. Nous avons donc également évalué l'association entre l'indice de masse corporelle (IMC) des physiothérapeutes et la force musculaire mesurée.

Dans un premier temps, nous avons comparé entre elles, les mesures prises par les physiothérapeutes à l'aide du Test t de Student pour données appariées.

La reproductibilité absolue a été calculée par l'erreur standard de mesure (SEM) selon la formule suivante :  $SEM = SD \cdot \sqrt{(1-ICC(2,k))}$  et par la différence minimale détectable (SDD) selon la formule suivante :  $SDD95 = 2,77 \cdot SEM$  <sup>(33)</sup>. Nous avons également calculé la différence minimale détectable en pourcentage des valeurs moyennes (SDD%). Toutes les données ont été calculées à l'aide du logiciel R (GNU LGPL v2.1, Version 0.99.892 – © 2009-2016 RStudio, Inc., Boston, USA). Le seuil de significativité des résultats a été fixé à  $p < 0,05$ .

## 3. Résultats

### 3.1. Statistique descriptive

Notre échantillon se composait de 30 personnes. Parmi les participants à l'étude, 29 pratiquaient une activité sportive régulière et un ne pratiquait pas d'activité sportive. La description de notre échantillon est présentée dans le [Tableau 1](#).

Les trois physiothérapeutes A, B et C sont toutes de sexe féminin. Leurs caractéristiques sont décrites dans le [Tableau 2](#).

Aucune corrélation statistiquement significative n'a été observée entre le BMI des physiothérapeutes et la force musculaire des genoux des participants (Extenseurs :  $p = 0,13$ , Fléchisseurs :  $p = 0,07$ ).

Âge (années), moyenne (SD)	24.4 (7.69)
Femmes, n (%)	22 (73.3)
Taille (m), moyenne (SD)	1.7 (0.09)
Poids (kg), moyenne (SD)	66.6 (10.88)
IMC (kg/m <sup>2</sup> ), moyenne (SD)	22.65 (2.23)

› Tableau 1 : description de l'échantillon (N=30)

Âge (années), moyenne (SD)	23.5 (1.91)
Femmes, n (%)	3 (100)
Taille (m), moyenne (SD)	1.66 (0.05)
Poids (kg), moyenne (SD)	60.33 (7.51)
IMC (kg/m <sup>2</sup> ), moyenne (SD)	22.13 (3.97)

› Tableau 2 : description des physiothérapeutes (N=3)

### 3.2. Reproductibilité des valeurs individuelles ICC<sub>2,1</sub>

Des valeurs entre 0.89 et 0.96 ont été obtenues pour les coefficients de corrélation intraclass calculés sur la base de chaque mesure des physiothérapeutes (A-test, A-retest, B et C), ceci pour la flexion et l'extension. Les meilleures valeurs ont été obtenues par la physiothérapeute A, lors des premières évaluations (test), des fléchisseurs et des extenseurs (ICC<sub>2,1</sub> = 0,96 [IC 95% 0,92-0,98]). La physiothérapeute B montre la moins bonne reproductibilité pour la flexion et la physiothérapeute C pour l'extension. Ces différences se reportent sur les erreurs standards de mesure (SEM), sur les différences minimales détectables (SDD95) ainsi que sur

les différences minimales détectables de la valeur moyenne (SDD%) (Tableau 3).

### 3.3. Reproductibilité intra- et inter-examineur ICC<sub>2,k</sub>

Les valeurs obtenues pour les coefficients de corrélation intraclasse calculés sur la moyenne des trois mesures des deux sessions de la physiothérapeute A étaient de (ICC<sub>2,k</sub> = 0,92 [IC 95% 0,82-0,96]) pour la flexion et (ICC<sub>2,k</sub> = 0,99 [IC 95% 0,98-0,99]) pour l'extension (Tableau 4). Malgré les différences des valeurs de la force entre les fléchisseurs et les extenseurs, les SEM et les SDD<sub>95</sub> sont similaires pour

la physiothérapeute A. Exprimée en pourcent de la valeur moyenne, la SDD indique une différence minimale détectable de 26.21% pour les fléchisseurs et de 14.16% pour les extenseurs (Tableau 4).

La reproductibilité inter-examineur a été évaluée sur la base des mesures relevées 2x par la physiothérapeute A (A<sub>1</sub> = test et A<sub>2</sub> = retest) et par les physiothérapeutes B et C. Ainsi, l'appellation A<sub>1</sub>-B-C représente les valeurs calculées à partir des résultats de la première session du physiothérapeute A et de l'unique session des physiothérapeutes B et C. L'appellation A<sub>2</sub>-B-C correspond aux résultats obtenus à partir des mesures

Groupes musculaires	Physiothérapeutes	Moyenne ± SD (en newtons)	ICC <sub>2,1</sub> (IC <sub>95%</sub> )	SEM	SDD <sub>95</sub>	SDD (%)
Fléchisseurs du genou	A-test	222.53 ± 78.58	0.96* (0.92-0.98)	15.72	43.53	19.48
	A-retest	237.07 ± 76.18	0.95* (0.91-0.98)	17.03	47.19	19.90
	B	221.62 ± 72.48	0.89* (0.80-0.94)	24.04	66.59	30.05
	C	232.21 ± 75.49	0.95* (0.91-0.97)	16.88	46.76	19.96
Extenseurs du genou	A-test	427.56 ± 216.16	0.96* (0.92-0.98)	43.23	119.75	28.01
	A-retest	425.83 ± 216.98	0.92* (0.85-0.96)	61.37	170.00	39.92
	B	392.72 ± 201.06	0.94* (0.89-0.97)	49.25	136.42	34.74
	C	426.78 ± 234.71	0.89* (0.81-0.94)	77.84	215.63	50.52

> Tableau 3: reproductibilité individuelle (n=30)

ICC<sub>2,1</sub> = Coefficient de corrélation intra-classe calculé sur chaque mesure des physiothérapeutes

IC = Intervalle de confiance

SEM = erreur standard de mesure

SDD<sub>95</sub> = changement détectable minimal

SDD% = changement détectable minimal exprimé en pourcentage de la moyenne

\* Statistiquement significatif à p < 0.05

Groupes musculaire	Moyenne ± SD (en newtons)	ICC <sub>2,k</sub> (IC <sub>95%</sub> )	SEM	SDD <sub>95</sub>	SDD (%)
Fléchisseurs du genou	230.25 ± 77.04	0.92* (0.82-0.96)	21.79	60.36	26.21
Extenseurs du genou	415.69 ± 218.11	0.99* (0.98-0.99)	21.81	60.42	14.16

> Tableau 4: reproductibilité intra-examineur (Physiothérapeute A; n=30)

Groupes musculaires	§2	Moyenne ± SD (en newtons)	ICC <sub>2,k</sub> (IC <sub>95%</sub> )	SEM	SDD <sub>95</sub>	SDD (%)
Fléchisseurs du genou	A-B	222.53 ± 74.95	0.95* (0.89-0.98)	16.76	46.42	20.86
	A-C	235.64 ± 76.59	0.95* (0.89-0.97)	17.13	47.44	20.13
	A <sup>1</sup> -B-C	226.42 ± 74.91	0.96* (0.93-0.98)	14.98	41.50	18.33
	A <sup>2</sup> -B-C	230.97 ± 74.19	0.95* (0.90-0.97)	16.59	45.95	19.90
Extenseurs du genou	A-B	410.14 ± 207.71	0.96* (0.90-0.98)	41.54	115.07	28.06
	A-C	426.31 ± 223.71	0.96* (0.93-0.98)	44.74	123.94	29.07
	A <sup>1</sup> -B-C	415.69 ± 215.91	0.96* (0.94-0.98)	43.18	119.61	28.77
	A <sup>2</sup> -B-C	415.11 ± 218.37	0.96* (0.94-0.98)	43.67	120.98	29.14

> Tableau 5: reproductibilité inter-examineur (n=30)

ICC<sub>2,k</sub> = Coefficient de corrélation intra-classe calculé sur la moyenne des 3 mesures

IC = Intervalle de confiance

SEM = erreur standard de mesure

SDD<sub>95</sub> = changement détectable minimal

SDD% = changement détectable minimal exprimé en pourcentage de la moyenne

\* Statistiquement significatif à p < 0.05



de la deuxième session du physiothérapeute A et de l'unique session des physiothérapeutes B et C.

Pour la flexion, la comparaison de la moyenne des valeurs relevées par la physiothérapeute A et B, et A et C ne présente pas de différences statistiquement significatives ( $p > 0.05$ ). Il en est de même pour l'extension, sauf pour la comparaison des mesures prises par les physiothérapeutes A et B ( $p = 0.02$ )

Toutes les valeurs d'ICC<sub>2,k</sub> se situent entre 0,95 et 0,96 et sont statistiquement significatives ( $p < 0,05$ ). Les SEM, SDD<sub>95</sub> et SDD% présentent des valeurs proches les unes des autres pour la flexion ainsi que pour l'extension (Tableau 5).

## 4. Discussion

La mesure de la force reste un élément incontournable dans la pratique quotidienne des professionnels de la santé afin d'évaluer la progression des traitements. Du fait de la diversité des outils à disposition sur le marché, quant au rapport qualité-coût, nous avons choisi d'évaluer la reproductibilité inter et intra-examineur d'un outil pratique, facilement utilisable<sup>(8)</sup> et d'un coût abordable.

Afin de permettre aux cliniciens et aux chercheurs de reproduire ces mesures<sup>(34)</sup>, cette étude présente de manière détaillée la méthode et le protocole utilisé pour chaque mesure. De plus ce protocole comprend l'utilisation de matériel supplémentaire qui est d'utilisation courante en thérapie. Nous pensons que la rigueur du suivi d'un protocole détaillé permet d'obtenir une meilleure reproductibilité des outils de mesure.

Afin de déterminer la pertinence de l'utilisation de la moyenne de trois mesures dans la pratique clinique, nous avons évalué la reproductibilité intra-examineur en considérant chaque mesure prise.

Les participants de cette étude étaient de jeunes personnes en bonne santé. Tous les participants ont réalisé l'étude entière sans interruption. Cinq d'entre eux ont signalé un problème fonctionnel pour l'un de leurs genoux. Nous avons donc évalué la force sur leur genou sain. Bien que *Bohannon*<sup>(26)</sup> signale que des mesures réalisées sur des muscles forts présentent de moindres reproductibilités, nos résultats montrent des reproductibilités élevées, tant pour la reproductibilité intra que la reproductibilité inter-examineur.

Bien que la reproductibilité intra-examineur présente une différence entre la flexion (ICC<sub>2,k</sub> = 0,92) [IC 95% 0,82-0,96] et l'extension (0,99) [IC 95% 0,98-0,99], toutes deux peuvent être considérées comme excellentes<sup>(19)</sup> (Tableau 4). Cette différence pourrait s'expliquer par le fait qu'une contraction isométrique soudaine des fléchisseurs du genou en position assise n'est pas une activité habituelle, contrairement à l'extension. Il semblerait que la force de flexion ne soit pas facile à évaluer. Dans leur étude, *Balwin et al.*<sup>(35)</sup> n'ont évalué que la force de préhension, de la flexion du coude et de l'extension du genou chez des personnes âgées en bonne santé et des personnes âgées atteintes de comorbidités. Pour l'extension du genou, ils obtiennent des reproductibilités similaires aux nôtres. Il en est de même dans l'étude de *Jackson et al.*<sup>(36)</sup>. Ils ont évalué la

reproductibilité du dynamomètre MicroFET2 pour l'évaluation de la force des abducteurs, des adducteurs et des rotateurs de la hanche, ainsi que des extenseurs du genou et des fléchisseurs de la cheville, mais pas des fléchisseurs du genou. La reproductibilité intra-examineur pour l'extension du genou présentait un ICC de 0.93 [IC 95% 0,82-0,98].<sup>(36)</sup> Par contre, *Buickings et al.*<sup>(34)</sup> ont évalué la reproductibilité du MicroFET2 pour l'évaluation de la force de plusieurs groupes musculaires. Il est intéressant d'observer qu'eux aussi obtiennent une valeur inférieure pour la reproductibilité intra-examineur des fléchisseurs du genou, avec un ICC à 0.78 [IC 95% 0,63-0,92] par rapport à celle des extenseurs (ICC = 0.81 [IC 95% 0,68-0,93])<sup>(34)</sup>.

Notre étude présente très peu de différences entre les valeurs de reproductibilité inter-examineur des trois physiothérapeutes (Tableau 5). Tous les ICC<sub>2,k</sub> se situent entre 0,95 et 0,96. Ces valeurs expriment une excellente reproductibilité. Elles sont légèrement supérieures à celle présentées par *Buickings et al.*<sup>(34)</sup>. La similitude des ICC entre les évaluateurs démontrent que la fiabilité des mesures en tant que telle est peu dépendante de l'évaluateur. Cependant, la différence significative entre l'évaluateur A et B pour l'extension montre qu'une différence de valeur absolue peut survenir occasionnellement entre les évaluateurs.

En général, la littérature scientifique présente de bons résultats en matière de corrélation intra ou inter-examineur pour l'évaluation de la force musculaire, comme le démontre *Fenter et al.*<sup>(37)</sup> pour l'abduction de la hanche à l'aide du dynamomètre manuel MicroFet, ainsi que *Baldwin et al.* pour la force de préhension, la flexion du coude et l'extension du genou.<sup>(35)</sup>

Certaines limites doivent être prises en considération dans l'interprétation des résultats de cette étude. Le nombre de patients inclus a été inférieur aux recommandations pour ce type d'étude. Malgré cela, les intervalles de confiance que nous avons trouvés sont relativement petits, et les valeurs d'ICC peuvent être considérées comme de bonnes approximations de la valeur réelle. Les participants étaient des personnes jeunes sans pathologie du genou et d'autres études seront nécessaires pour évaluer la reproductibilité des dynamomètres isométriques pour les diverses populations de patients rencontrés en clinique.

La reproductibilité absolue et la précision des mesures (SEM, SDD<sub>95</sub> et SDD (%)) montrent des résultats très différenciés entre la flexion et l'extension. Du fait qu'il n'existe pas de critères absolus pour ces valeurs<sup>(38,39)</sup> il est important d'interpréter ces résultats comme étant spécifiques au contexte de notre étude, qui incluait des participants jeunes, sans pathologie et utilisait un protocole de mesures précisément standardisé en position assise. Théoriquement, les erreurs standards de mesure (SEM), qui qualifient l'erreur typique d'une mesure sont inférieures aux valeurs de la différence minimale détectable (SDD) qui définit le niveau à partir duquel une différence peut être considérée comme un changement réel chez le patient.<sup>(6,31)</sup>

Les valeurs relativement importantes trouvées dans notre étude pourraient ne pas être acceptables pour évaluer des changements cliniques à un niveau individuel dans certains cas<sup>(40)</sup>. Sur la base des valeurs présentées dans le tableau 3,

prenons l'exemple d'un évaluateur qui effectue une mesure de la force isométrique des extenseurs du genou et qu'il obtient une valeur de 427 Newtons. Pour cette valeur, il devra tenir compte que la moyenne de la SEM pour l'extension se situe à  $57.92 \pm 15.27$  N. Il devra donc considérer que la valeur réelle de la force des extenseurs se situe dans une fourchette de  $427 \text{ N} \pm 57.92$ , soit entre 369.08 et 484.92 N.

S'il souhaite évaluer la progression de son patient, il devra tenir compte de la SDD. Considérant la  $SDD_{95}$ , la différence des valeurs obtenues entre la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>e</sup> évaluation devrait être supérieure à  $160.45 \pm 42.30$  N pour évaluer une réelle progression. Si l'on utilise la SDD (%), cette différence devrait être supérieure à  $38.30 \pm 9.49$  % de la valeur obtenue en début de traitement.

Plusieurs méthodes statistiques ont été utilisées pour caractériser la fiabilité des mesures de force avec un dynamomètre isométrique. Des calculs supplémentaires seraient nécessaires pour avoir une vision exhaustive de la fiabilité de cet appareil. Il s'agit d'interpréter avec précaution les valeurs de SEM et les valeurs de SDD qui en découlent, car elles sont indicatives de la magnitude des erreurs de mesure, mais pas d'un changement clinique significatif.

Pour déterminer la différence minimale cliniquement significative, indicative du seuil à partir duquel la différence est perceptible pour le patient, il serait judicieux de combiner différentes méthodes: la perception de l'amélioration des patients (Anchor-based methods), des méthodes basées sur la distribution et des avis d'experts afin de déterminer la différence minimale cliniquement significative <sup>(38)</sup>.

Des analyses graphiques de *Bland et Altman* n'ont pas été réalisées dans cette étude. Cette méthode aurait pu permettre de détecter si l'erreur de mesure est dépendante de la force développée par le participants lors de la mesure, ainsi que de quantifier la limite de l'agrément et la valeur du biais entre les mesures ou entre les évaluateurs.

## 5. Conclusion

En pratique clinique, l'évaluation de la force musculaire est un élément essentiel du bilan et permet de suivre la progression du patient et d'évaluer l'efficacité du traitement. Il est primordial d'évaluer objectivement et précisément cette force, afin de détecter la présence et le niveau d'un déficit. Le testing manuel de *Daniels et Worthingham* <sup>(5)</sup> est la méthode la plus communément utilisée. Cependant, elle se révèle subjective et peu précise pour évaluer une force supérieure à 3. De nos jours, les dynamomètres manuels, tels que le microFET2, sont petits, portables et peu coûteux. Cela offre aux cliniciens une alternative à la cotation manuelle de *Daniels et Worthingham*.

Les résultats de cette étude démontrent que le dynamomètre manuel MicroFET2 présente une très bonne reproductibilité pour évaluer la force isométrique des fléchisseurs et des extenseurs du genou lorsque la procédure d'évaluation est standardisée. La procédure requiert peu de matériel et peu de temps. Ainsi, la mesure de trois contractions maximales en flexion, avec le positionnement, nécessite environ six minutes. Pour

faire les deux mouvements (flexion et extension du genou) il faut compter environ quinze minutes.

Le dynamomètre manuel MicroFET2 est donc un appareil applicable et fiable lorsqu'il s'agit de mesurer objectivement une force supérieure à 3 mesurée selon la méthode de *Daniels et Worthingham* pour la flexion et l'extension du genou. Par rapport au testing manuel, il a l'avantage de produire des mesures plus précises dans toute la plage des valeurs de force et de quantifier objectivement la force d'un patient, ce qui peut être un apport important pour l'évaluation de l'état actuel et de la progression des patients dans le quotidien thérapeutique.

## Implications pour la pratique

- Le dynamomètre manuel MicroFET2 est un outil d'un prix abordable, petit, léger et facilement utilisable en cabinet.
- Il est pratique et fiable chez la personne saine pour obtenir une mesure objective de la force de flexion et d'extension du genou.
- Bien qu'une seule mesure suffise pour obtenir une mesure fiable, l'évaluateur doit tenir compte des valeurs de l'erreur standard de mesure et de la différence minimale détectable pour interpréter la mesure et son évolution.
- Des études supplémentaires sont nécessaires pour évaluer la reproductibilité dans diverses populations de patients.

## Contact

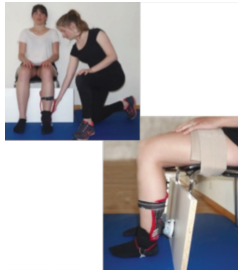

Caroline Indermühle  
[caroline.indermuehle@gmail.com](mailto:caroline.indermuehle@gmail.com)

## Références

1. Bohannon RW. Minimal detectable change of knee extension force measurements obtained by handheld dynamometry from older patients in 2 settings. *J Geriatr Phys Ther.* 2012;35(2):79-81.
2. Saulnier J, Hébert LJ, Lepage C, Crête M, Perron M, Maltais DB. Protocole d'évaluation de la force musculaire à l'aide du dynamomètre manuel chez les enfants et les adolescents [Internet]. IRDPQ. 2013 [cited 2014 Oct 29]. Available from: <http://www.irdpq.qc.ca/expertise-et-formation/centre-integre-de-gestion-de-linformation-cigi/publications-de-lirdpq-22>
3. Quinn L, Gordon J. Documentation for Rehabilitation: A Guide to Clinical Decision Making. Maryland Heights: Elsevier Health Sciences; 2015.
4. Hilfiker R, Oesch P. Muskelkraft : Quantitative Muskelfunktionsprüfung mit einem Kraftmessgerät (Hand-Held-Dynamometer). 2006.
5. Kendall FP, McCreary EK, Provance P-G, Rodgers M, Romani W-A. Les muscles, Bilan et étude fonctionnels : Anomalies et douleurs posturales. 5e édition. Rueil-Malmaison (Hauts-de-Seine): Pradel Editions; 2007.
6. de Vet HCW, Terwee CB, Knol DL, Bouter LM. When to use agreement versus reliability measures. *J Clin Epidemiol.* 2006;59(10):1033-9.
7. Martin HJ, Yule V, Syddall HE, Dennison EM, Cooper C, Aihie Sayer A. Is hand-held dynamometry useful for the measurement of quadriceps strength in older people? A comparison with the gold standard Bodex dynamometry. *Gerontology.* 2006;52(3):154-9.

8. Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held Dynamometry Correlation With the Gold Standard Isokinetic Dynamometry: A Systematic Review. *PM&R*. 2011;3(5):472-9.
9. Brown LE, Weir JP. ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. 2001;4(3):21.
10. Kamiya K, Mezzani A, Hotta K, Shimizu R, Kamekawa D, Noda C, et al. Quadriceps isometric strength as a predictor of exercise capacity in coronary artery disease patients. *Eur J Prev Cardiol*. 2014;21(10):1285-91.
11. Whiteley R, Jacobsen P, Prior S, Skazalski C, Otten R, Johnson A. Correlation of isokinetic and novel hand-held dynamometry measures of knee flexion and extension strength testing. *J Sci Med Sport Sports Med Aust*. 2012;15(5):444-50.
12. Hoggan Health Industries. Microfet2 [Internet] USA: Hoggan scientific, LCC. 2017 [cited 17 May 2017]. Available from: <http://www.hoggan-health.net/microfet2.php>
13. Schrama PPM, Stenneberg MS, Lucas C, van Trijffel E. Intraexaminer Reliability of Hand-Held Dynamometry in the Upper Extremity: A Systematic Review. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014;95(12):2444-69.
14. Dekkers KJFM, Rameckers EAA, Smeets RJEM, Janssen-Potten YJM. Upper Extremity Strength Measurement for Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review of Available Instruments. *Phys Ther*. 2014;94(5):609-22.
15. Chassot J. La pratique du curling adapté et l'équilibre assis: une étude pilote. Travail de bachelior, Loèche-les-Bains: HES-SO Valais Wallis - Haute Ecole de Santé; 2014.
16. Tourville TW, Smith HC, Shultz SJ, Vacek PM, Slauterbeck JR, Johnson RJ, et al. Reliability of a new stabilized dynamometer system for the evaluation of hip strength. *Sports Health*. 2013;5(2):129-36.
17. Van Vulpen LF, De Groot S, Becher JG, De Wolf GS, Dallmeijer AJ. Feasibility and test-retest reliability of measuring lower-limb strength in young children with cerebral palsy. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2013;49(6):803-13.
18. Willemse L, Brehm MA, Scholtes VA, Jansen L, Woudenberg-Vos H, Dallmeijer AJ. Reliability of isometric lower-extremity muscle strength measurements in children with cerebral palsy: implications for measurement design. *Phys Ther*. 2013;93(7):935-41.
19. Portney LGW, Mary P. Foundations of Clinical Research: Applications to Practice. Upper Saddle River N.J., USA: Prentice Hall Health; 2009
20. de Vet HCW, Terwee CB, Mokkink LB, Knol DL. Measurement in Medicine: A Practical Guide [Internet]. Cambridge: Cambridge University Press; 2011 [cited 2015 March 19]. Available from: <http://ebooks.cambridge.org/ref/id/CBO9780511996214>
21. O'Shea SD, Taylor NF, Paratz JD. Measuring muscle strength for people with chronic obstructive pulmonary disease: retest reliability of hand-held dynamometry. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(1):32-6.
22. Siatras TA, Douka ID, Milosis DC. Feasibility and reproducibility of muscular strength measures in gymnastics-specific body positions using hand-held dynamometry. *Isokinet Exerc Sci*. 1 2010;18(4):223-34.
23. Seagraves FE, Horvat M. Comparison of isometric test procedures to assess muscular strength in elementary school girls. *Pediatr Exerc Sci*. 1995;7:61-61.
24. Bohannon RW. Intertester reliability of hand-held dynamometry: a concise summary of published research. *Perceptual and Motor Skills*. 1999;88(3):899-902.
25. Stratford PW, Balsor BE. A comparison of make and break tests using a

## Annexe 1: description des positions des participants et des fixations

Mouvements testés	Photos	Position du sujet	Position de l'évaluateur	Emplacement de la résistance / du dynamomètre	Stabilisation	Instructions supplémentaires
<b>Flexion du genou</b>		Assis sur une chaise. Hanches et genoux à 90°, tronc vertical, mains sur les cuisses, pieds au sol.	À côté du sujet lors de la mesure et maintient le dynamomètre sans fournir de force.	Sur le protège-tibia à la face postérieure de la jambe, à 5cm proximal des malléoles.	Une sangle stabilise au niveau des cuisses distales. Dynamomètre stabilisé contre une planche en bois entre les pieds du patient et la chaise.	« Poussez contre la résistance comme pour plier la jambe »
<b>Extension de genou</b>		Assis sur une chaise. Hanches et genoux à 90°, tronc vertical, mains sur les cuisses, pieds au sol.	À côté du sujet lors de la mesure et maintient le dynamomètre sans fournir de force.	Sur le protège-tibia à la face antérieure de la jambe, à 5cm proximal des malléoles.	Une sangle stabilise au niveau des cuisses proximales. Dynamomètre placé sur une deuxième sangle attachée autour de la table.	« Poussez contre la résistance comme pour tendre la jambe »



hand-held dynamometer and the Kin-Com. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;19(1):28-32.

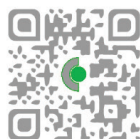
26. Bohannon RW. Hand-held dynamometry: A practicable alternative for obtaining objective measures of muscle strength. *Isokinet Exerc Sci.* 2012;20(4):301-315.
27. Verschuren O, Ketelaar M, Takken T, Van Brussel M, Helders PJM, Gorter JW. Reliability of hand-held dynamometry and functional strength tests for the lower extremity in children with Cerebral Palsy. *Disabil Rehabil.* 2008;30(18):1358-66.
28. Mital A, Kilbom Å, Kumar S. *Ergonomics Guidelines and Problem Solving.* Oxford: Elsevier; 2000.
29. Kimura IF, Jefferson LM, Gulick DT, Coll RD. Intra-and intertester reliability of Chatillon and Microfet hand-held dynamometers in measuring force production. *J Sport Rehabil.* 1996;5:197-205.
30. Walter SD, Eliasziw M, Donner A. Sample size and optimal designs for reliability studies. *Stat Med.* 1998;17(1):101-10.
31. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res.* 2005;19(1):231-240.
32. Thorborg K, Bandholm T, Hölmich P. Hip-and knee-strength assessments using a hand-held dynamometer with external belt-fixation are inter-tester reliable. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(3):550-5.
33. Amacker A, Meng J, Jordan K, Mathieu N, Sattelmayer M, Spring H, et al. Responsiveness of the Star Excursion Balance Test on Firm and Unstable Underground. *Schweiz Z Für Sportmed Sporttraumatologie.* 2015;63(2):24-8.
34. Buckinx F, Croisier J-L, Reginster J-Y, Dardenne N, Beaudart C, Sloman J, et al. Reliability of muscle strength measures obtained with a hand-

held dynamometer in an elderly population. *Osteoporosis International.* 2015;26(S1):S161.

35. Baldwin CE, Paratz JD, Bersten AD. Muscle strength assessment in critically ill patients with handheld dynamometry: an investigation of reliability, minimal detectable change, and time to peak force generation. *J Crit Care.* 2013;28(1):77-86.
36. Jackson SM, Cheng MS, Smith AR, Kolber MJ. Intrarater reliability of hand held dynamometry in measuring lower extremity isometric strength using a portable stabilization device. *Musculoskelet Sci Pract.* 2017;27:137-41.
37. Fenter PC, Bellew JW, Pitts TA, Kay RE. Reliability of stabilised commercial dynamometers for measuring hip abduction strength: a pilot study. *Br J Sports Med.* 2003;37(4):331-4.
38. Cejudo A, de Baranda PS, Ayala F, Santonja F. Test-retest reliability of seven common clinical tests for assessing lower extremity muscle flexibility in futsal and handball players. *Phys Ther Sport.* 2015;16(2):107-13.
39. Knols RH, Aufdemkampe G, De Bruin ED, Uebelhart D, Aaronson NK. Hand-held dynamometry in patients with haematological malignancies: measurement error in the clinical assessment of knee extension strength. *BMC Musculoskelet Disord.* 2009;10(1):31.
40. Hars M, Herrmann FR, Trombetti A. Reliability and minimal detectable change of gait variables in community-dwelling and hospitalized older fallers. *Gait Posture.* 2013;38(4):1010-4.

## 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

EUROPHYSEO



Photo non contractuelle

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

**PROMOTION** jusqu'au 31.07.2017, pour toute commande d'une table MultiPro 2 ou 3 de Hess, un **tabouret** assorti à la sellerie + la **découpe visage** vous sont **offerts!**



**Table de thérapie - swiss made** 

- table à trois plans pour de multiples positions de traitement
- réglage électrique de la hauteur de tous côtés grâce à la barre périphérique
- sellerie disponible en 9 couleurs standard de base, autres couleurs disponibles sur demande
- nombreuses options: découpe visage, porte-rouleau, appuis-bras, coussins...

Demandez-nous une offre sans engagement. Nombreuses possibilités de financement ou de location, n'hésitez pas à nous contacter. Articles consultables sur [www.marcel-blanc-shop.ch](http://www.marcel-blanc-shop.ch)

# Wireless **E-LINK**

... une totale liberté de mouvement



**Connecteur DG1**  
Permet une connection sans fil à l'ordinateur



**Adapteur AD1**  
Permet des instruments E-LINK existants d'être compatible à l'interface sans fil



Scannez le code pour obtenir des informations directement en ligne



# L'intérêt des jeux vidéo interactifs pour l'activité physique des enfants atteints de mucoviscidose

## Interest of interactive video games for physical activity of children with cystic fibrosis

AUDREY LATTION<sup>1</sup> (PT), ANAËLLE HEYMES<sup>1</sup> (PT), OLIVIER CONTAL<sup>2</sup> (PT, PhD)

<sup>1</sup> Chirurgie cardio-respiratoire, Centre Hospitalier Universitaire Vaudois, Lausanne, Suisse

<sup>2</sup> Filière physiothérapie, Haute Ecole de Santé Vaud (HESAV),  
Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale (HES-SO), Lausanne, Suisse

Les auteurs attestent ne pas avoir de conflits d'intérêts dans la réalisation de ce travail

### Keywords

Cystic Fibrosis, Video Games, Physical Activity, Xbox, Nintendo Wii

### Mots clés

Mucoviscidose, jeux vidéo, activité physique, Xbox, Nintendo Wii

### Abstract

**Introduction:** physical activity is an important component of the management of patients with cystic fibrosis. However, it seems difficult for patients to practice physical activity regularly. The purpose of this literature review is to determine whether the activity intensity achieved during different interactive video games is comparable to traditional physical activities.

**Methods:** five databases were consulted between September 2015 and February 2016. The articles were included if the target population was children from six to eighteen and the intervention was based on an interactive video game. Articles published before 2010 were not retained.

**Results:** three articles met inclusion criteria: two observational studies and one case-control study. We found two categories of games: low intensity and moderate intensity. During low intensity games (Wii Boxing and Wii Fit Plus), the heart rate (HR) reached between 62 and 63% of the theoretical HRmax. During moderate intensity games (River Rush, Wii Jogging, Wii Active and Wii Family Trainer), the HR ranged from 74 to 82%.

**Discussion:** video games seem to be of comparable intensity to traditional physical activities, while they are more entertaining. Due to small sample sizes and preserved pulmonary

### Résumé

**Introduction:** l'activité physique fait partie intégrante de la prise en charge du patient atteint de mucoviscidose. Cependant, il semble difficile pour les patients de pratiquer une activité physique régulière. L'objectif de cette revue de littérature est de déterminer si l'intensité atteinte lors de différents jeux vidéo interactifs est comparable à des activités physiques plus traditionnelles.

**Méthodes:** cinq bases de données ont été consultées entre septembre 2015 et février 2016. Les études ont été retenues si la population cible était des enfants de six à dix-huit ans et l'intervention basée sur un jeu vidéo interactif. Les articles publiés avant 2010 n'ont pas été inclus.

**Résultats:** trois études ont répondu aux critères d'inclusion: deux études observationnelles et une étude cas-témoin. Nous obtenons deux catégories de jeux. Pour les jeux de basse intensité (Wii Boxing et Wii Fit Plus), la FC atteinte est entre 62 et 63% de la FCmax théorique. Concernant les jeux d'intensité modérée (River Rush, Wii Jogging, Wii Active et Wii Family Trainer), la FC s'élève de 74 à 82%.

**Discussion:** les jeux vidéo apparaissent comme étant d'une intensité similaire aux activités physiques traditionnelles, tout en étant plus divertissants. Les faibles échantillons et les fonctions pulmonaires relativement préservées des sujets ne per-

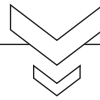


functions of participants, the results cannot be generalized to the entire target population.

**Conclusion:** further randomized controlled studies are needed to support these results. However, video games may be a useful approach to reduce sedentary behaviors.

mettent pas de généraliser les résultats à l'ensemble de la population cible.

**Conclusion:** des études contrôlées randomisées sont indispensables pour valider ces premiers résultats. Les jeux vidéo semblent néanmoins un bon moyen de diminuer les comportements sédentaires.



## Introduction

La mucoviscidose est une maladie génétique et multisystémique touchant le plus fréquemment la population caucasienne<sup>(1)</sup>. Aujourd'hui, en Suisse, environ 1000 personnes sont atteintes de cette maladie incurable<sup>(2)</sup>.

Dans les années 30, quand l'atteinte fut décrite pour la première fois, moins de la moitié des patients survivaient à une année. Une meilleure compréhension de la maladie a permis d'améliorer la prise en charge des personnes atteintes de mucoviscidose et de diminuer l'impact de ses conséquences. À ce jour, l'âge médian des patients s'élève à 37,4 ans<sup>(1)</sup>.

Les thérapies existantes à ce jour sont toutefois très chronophages et ont un impact non négligeable sur la vie quotidienne de ces patients<sup>(2)</sup>. En moyenne, les patients adultes ont sept traitements par jour, pour une durée totale de 108 minutes<sup>(3)</sup>.

L'amélioration de la prise en charge médicale et para-médicale des patients atteints de mucoviscidose a sans aucun doute influencé la prise en charge physiothérapeutique. Aujourd'hui, celle-ci ne se limite plus au désencombrement bronchique mais a ouvert son champ d'action notamment avec la prise en charge des multiples complications de la maladie<sup>(4)</sup> et la prescription d'un programme d'exercices sûrs et efficaces<sup>(5)</sup>.

Chez les patients atteints de mucoviscidose, la pratique d'une activité physique (AP) régulière peut être freinée par divers phénomènes. Du point de vue physiologique, les atteintes pulmonaire, cardiaque, nutritionnelle ou encore musculo-squelettique peuvent provoquer une diminution de tolérance à l'effort. Concernant l'aspect psycho-social, la surprotection parentale, le manque de connaissance de l'entourage et un état dépressif sont susceptibles de rendre l'AP anxiogène<sup>(4,6)</sup>. Les activités pouvant provoquer une dyspnée exacerbent l'anxiété et conduisent le plus souvent à leur abandon. Un cercle vicieux de déconditionnement se crée, majorant d'autant plus la dyspnée et par ce biais, l'angoisse<sup>(6)</sup>.

Il n'en demeure pas moins que l'AP a démontré des effets bénéfiques chez ces patients<sup>(7)</sup>. Chez un sujet sain, la dégénérescence physiologique de la fonction pulmonaire correspond approximativement à 1% par an, alors que chez le patient atteint de mucoviscidose elle peut atteindre jusqu'à 3% par an<sup>(4)</sup>. Une étude longitudinale sur 200 patients de 7 à 17 ans atteints de mucoviscidose a démontré que les enfants présentant un plus haut taux d'AP (toutes activités confondues et pas uniquement des programmes d'exercices) étaient également ceux présentant le déclin le plus faible du volume expiré maximal en une seconde

(VEMS) par rapport aux patients moins actifs<sup>(8)</sup>. Les effets de l'exercice se ressentent déjà à court terme avec une amélioration du VEMS, de la capacité vitale inspiratoire ou encore une diminution de l'inflammation pulmonaire. Ils se font également ressentir à long terme avec un déclin annuel de la capacité vitale fonctionnelle (CVF) inférieur à celui des patients ne pratiquant pas d'AP<sup>(4)</sup>, une densité osseuse plus élevée et une diminution du risque de fractures vertébrales<sup>(9)</sup>. Pour les cas les plus sévères, l'AP est un facteur important de la prise en charge<sup>(10)</sup> et lors d'exacerbations elle s'est avérée aussi efficace qu'un traitement de physiothérapie respiratoire classique<sup>(1)</sup>.

A ce jour, le programme d'exercices idéal pour les patients atteints de mucoviscidose ne fait pas l'objet de guidelines établies. De ce fait, la prescription d'exercice devrait suivre les mêmes principes que ceux utilisés pour les sujets sains et patients atteints de maladies respiratoires chroniques<sup>(11,12,13)</sup>. Un programme d'entraînement devrait durer 30 minutes au moins trois jours par semaine et atteindre 75% de la fréquence cardiaque maximale théorique (FCmax). Afin d'obtenir de meilleurs résultats, l'idéal est de combiner les entraînements aérobie et résistance<sup>(14)</sup>.

Bien que l'exercice semble être perçu de manière plus positive que les autres thérapies<sup>(5)</sup> et que son intérêt soit non négligeable dans le traitement de leur maladie, il reste difficile pour les patients d'adhérer à une AP quotidienne. Les auteurs ont démontré que l'AP, même pratiquée sous des formes variées, a tendance à ennuyer les jeunes patients sur le long terme<sup>(15)</sup>.

L'enfant atteint de maladie respiratoire chronique devrait commencer à pratiquer une AP régulière dès le plus jeune âge afin d'en garder une habitude de vie et de prévenir le déclin de ses fonctions pulmonaires. Dans le but d'optimiser l'adhésion à l'AP, le libre choix de l'activité, l'épanouissement et l'amusement doivent être pris en considération. Afin de ne pas laisser le jeune patient, il est possible de combiner plusieurs sports et AP sur le long terme<sup>(4)</sup>.

Depuis quelques années, les jeux vidéo (JV) interactifs ont fait leur apparition dans les établissements hospitaliers, en particulier dans les services de physiothérapie. Cet outil est souvent empiriquement perçu comme pouvant améliorer la motivation et l'adhésion des patients. De ce fait, ce sujet commence à émerger dans la littérature scientifique, dans le cadre de diverses pathologies.

Concernant l'AP au moyen de JV pour les patients atteints de mucoviscidose, aucun consensus n'existe à ce jour. L'objectif de cette revue de littérature est de déterminer s'il est possible de comparer, en termes d'intensité, une AP effectuée avec les JV par

rapport à une AP traditionnelle chez les enfants de six à dix-huit ans souffrant de mucoviscidose.

La notion d'AP traditionnelle pouvant faire référence à différentes définitions, nous avons adopté dans cette revue de la littérature la définition de *Swisher & Erickson*<sup>(15)</sup>, qui inclue autant la participation aux sports d'équipe que les activités récréationnelles, individuelles et non structurées.

## Méthodes

Cette étude est une revue non systématique de la littérature quantitative réalisée par deux auteurs. Afin de clarifier les éléments clés de la thématique et de trouver les mots clés descripteurs, une question de recherche a été établie grâce aux critères PICO.

- *Population* : enfants de six à dix-huit ans atteints de mucoviscidose,
- *Intervention* : AP grâce aux JV interactifs,
- *Comparaison* : une épreuve d'effort sous-maximal sur cycloergomètre (effort continu de 20' à 80% de la FCmax théorique) ou le test de marche de six minutes (6MWT) (test d'effort sous max),
- *Outcome primaire* : FC atteinte lors de l'AP
- *Outcomes secondaires* : Fatigue, dyspnée, consommation en oxygène (VO<sub>2</sub>)

Les bases de données PubMed, Cinahl, MEDline, Cochrane et PEDro ont été questionnées, de manière individuelle entre les deux auteurs, entre septembre 2015 et février 2016. Une recherche manuelle à partir des références des articles retenus a également été menée mais n'a apporté aucun nouveau résultat.

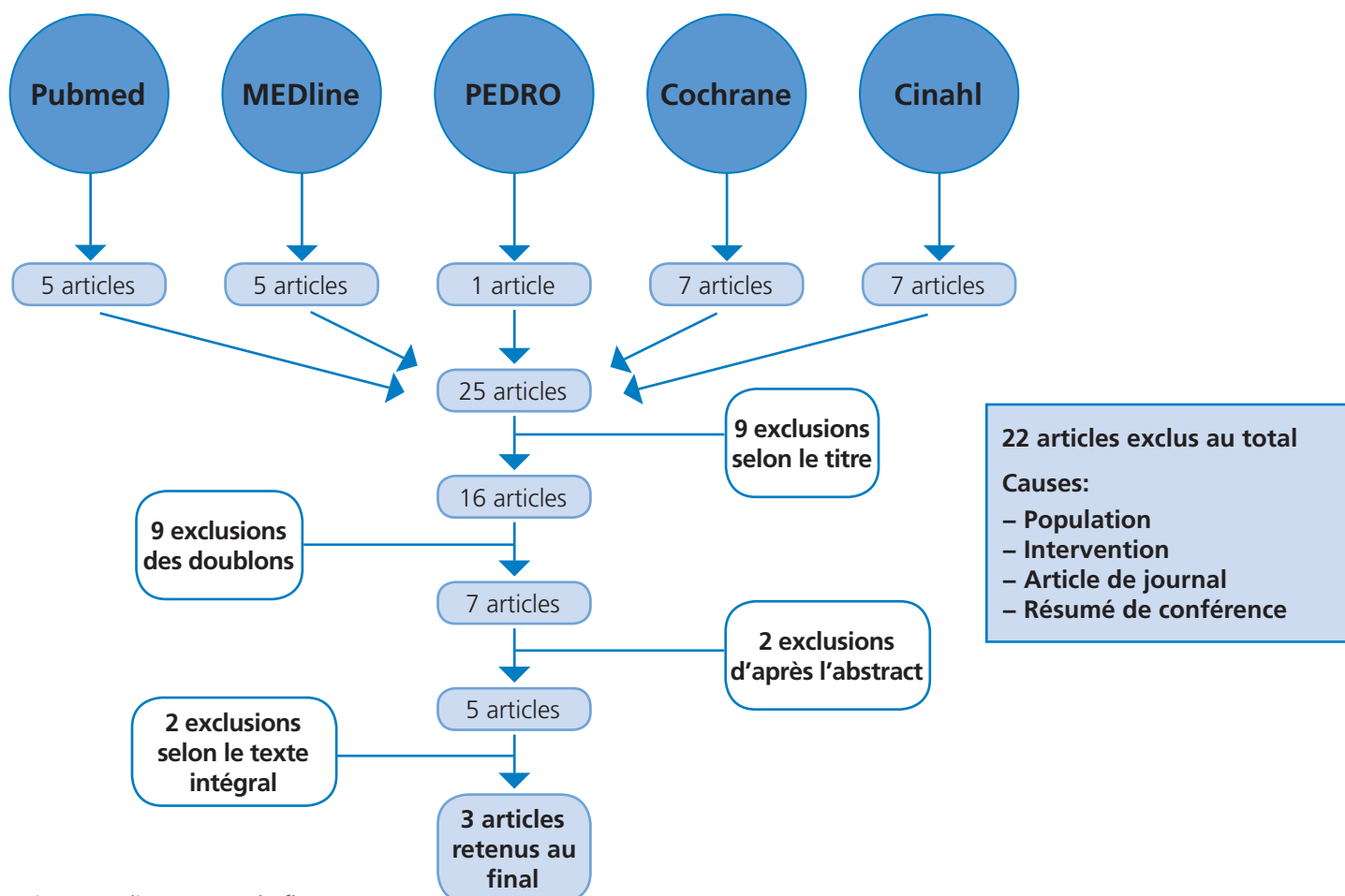
Les articles inclus sont de type quantitatif, parus en anglais ou en français et publiés à partir de 2010. La population cible est représentée par des enfants de six à dix-huit ans atteints de mucoviscidose et l'intervention est basée sur un JV interactif. Les études intégrant des logiciels de jeux à visée respiratoire ont été exclues.

Le processus de sélection d'articles a été réalisé en plusieurs étapes d'après les critères d'inclusion et d'exclusion précités (Figure 1). La qualité des articles a été évaluée par les deux auteurs de manière indépendante, au moyen de l'échelle *Downs & Black*<sup>(16)</sup>. Nos critères d'inclusion et d'exclusion ne comprenant pas de qualité minimale requise, cette évaluation nous a permis de discuter des résultats obtenus et d'identifier les limites des différentes études. L'extraction des données a également été menée de manière indépendante entre les deux évaluatrices. Les documents de travail ont été construits après mise en commun des résultats obtenus séparément et discussion en cas de désaccord.

## Résultats

### Résultat de la recherche

Grâce à notre méthodologie de recherche, nous avons trouvé 25 articles sur cinq bases de données différentes (figure 1).



› Figure 1 : diagramme de flux

Au terme de notre recherche documentaire, trois études ont été retenues en fonction de nos critères d'inclusion et d'exclusion. Deux études sont de type observationnelles<sup>(17,18)</sup> et la troisième une étude cas-témoin<sup>(19)</sup>.

## Comparabilité des études

Les données collectées sont représentées dans le [Tableau 1](#).

### Population

La taille des échantillons varie peu : entre 24 et 30 sujets. Le nombre total de sujets atteints de mucoviscidose compris dans ce travail est de 84 enfants entre six et dix-huit ans.

Les trois études<sup>(17,18,19)</sup> ont évalué les fonctions pulmonaires des sujets avant l'intervention. Le VEMS est un reflet de l'atteinte pulmonaire et influence de ce fait le pronostic. Malgré un manque de sensibilité, le VEMS reste le critère de comparaison le plus important pour la population pédiatrique<sup>(20)</sup>. Dans ces différentes études<sup>(17,18,19)</sup>, le VEMS, exprimé en pourcentage de la valeur prédite selon l'âge, varie de 73% à 94%. Ces données correspondent donc à un syndrome obstructif léger à absent.

### Méthode

Les trois études<sup>(17,18,19)</sup> ont recruté leurs patients dans divers centres pédiatriques dédiés à la mucoviscidose en Europe. Les critères diagnostiques de la mucoviscidose ainsi que les critères d'exclusion sont également très similaires. Aucune des études n'a observé d'abandon et toutes les interventions ont pu être menées à terme. Elles n'évaluent que les effets à court terme

des JV. Dans l'étude cas-témoin<sup>(19)</sup> seul l'ordre des JV est randomisé et le test de marche de six minutes (6MWT) est effectué en premier lieu. Dans les deux études observationnelles<sup>(17,18)</sup>, l'ordre des différentes interventions (JV et élément contrôle) est attribué aléatoirement à chacun des sujets. L'étude de *Salonini et al.*<sup>(18)</sup> précise avoir utilisé des enveloppes numérotées et les statisticiens ont traité les données en aveugle.

### Outils de comparaison

Deux des études<sup>(17,19)</sup> ont utilisé le 6MWT comme moyen de comparaison, appliqué selon les recommandations de l'American Thoracic Society<sup>(21)</sup>.

Dans la dernière étude<sup>(18)</sup>, les JV sont comparés à une épreuve d'effort sous-maximal sur cycloergomètre. Cet effort dure 20 minutes et consiste en un effort continu durant lequel la FC cible correspond à 80% de la FCmax théorique de chaque patient.

### Intervention

Bien que les trois études comparent les JV interactifs, ceux-ci varient en termes de durée, de console ainsi que d'objectif à atteindre. Ces derniers sont :

- Un jeu sur Xbox Kinect : River Rush, comprenant trois niveaux progressifs de six minutes et une minute de pause entre ceux-ci<sup>(18)</sup>;
- Trois jeux sur Nintendo Wii : Wii Fit Plus, Wii Active et Wii Family Trainer, de cinq minutes chacun<sup>(17)</sup>;

	<i>Salonini et al. (2015)</i>	<i>Del Corral et al. (2014)</i>	<i>O'Donovan, Greally et al. (2013)</i>
<b>Participants (nbre)</b>	30	24	30
<b>Garçons (nbre)</b>	11	16	17
<b>Filles (nbre)</b>	19	8	13
<b>Âge moyen (années)</b>	12	12,6	12,3
<b>VEMS (% du prédit)</b>	73	93,8	91,4
<b>IMC (kg · m<sup>2</sup>)</b>	N/A	18,8	17,7
<b>6MWT (m)</b>	N/A	637	493,5
<b>Cycloergomètre</b>	Calcul de FC toutes les 5 minutes	N/A	N/A
<b>Jeux vidéo interactifs</b>	Xbox Kinect River Rush	Wii Fit Plus, Wii Active et Wii Family Trainer	Wii Boxing et Wii Jogging
<b>Intervention au domicile vs. à l'hôpital (nbre)</b>	0/30	0/24	24/8
<b>Outcomes objectifs mesurés</b>	FC, SpO <sub>2</sub>	FC, % FCmax, VO <sub>2</sub> et SpO <sub>2</sub>	% FCmax, VO <sub>2</sub> , nbre de pas, METs, Kcal et SpO <sub>2</sub>
<b>Outcomes subjectifs mesurés</b>	Fatigue musculaire (Children OMNI Scale), dyspnée (EVA), Amusement (échelle en 5 pts Likert-type)	Fatigue musculaire et dyspnée (Borg modifiée)	Perception de l'exercice (OMNI scale)

› Tableau 1 : comparabilité des études



- Deux jeux sur Nintendo Wii : Wii Sports Boxing et Wii Fit Free Jogging, de 15 minutes chacun séparé par cinq minutes de pause assise<sup>(19)</sup>.

## Outcomes

Nous avons dû faire face à une grande diversité d'outcomes et d'outils de mesure entre les différentes études, bien que l'objectif de chacune d'entre-elles soit le même : démontrer quelle est l'intensité de l'AP par le biais des JV par rapport à un test standardisé tel que le cycloergomètre ou le 6MWT.

Chacune des études<sup>(17,18,19)</sup> évalue la FC des participants ainsi que leur SpO<sub>2</sub>. La VO<sub>2</sub> est également étudiée dans deux articles<sup>(17,19)</sup> : l'étude de *Del Corral et al.*<sup>(17)</sup>, présente ces données en valeur absolue (ml/minute) alors que *O'Donovan, Greally et al.*<sup>(19)</sup> l'expriment en valeur relative au poids de corps (ml/kg de poids corporel/minute). La dyspnée et la fatigue musculaire sont exploitées dans deux articles par le biais d'une échelle de Borg modifiée et de l'échelle visuelle analogique (EVA)<sup>(17,18)</sup>.

D'autres paramètres tels que la ventilation minute maximum, la fréquence respiratoire, la dépense énergétique ou encore les équivalents métaboliques (METs) ressortent de certaines études. Cependant, nous n'avons pas abordé ces résultats dans ce travail, par manque de données présentées entre les différents articles.

## Qualité des articles

La qualité des articles a été évaluée avec la grille Downs et Black<sup>(16)</sup>, que nous avons adaptée sur 27 points (Tableau 2).

	<i>Salonini et al. (2015)</i>	<i>Del Corral et al. (2014)</i>	<i>O'Donovan, Greally et al. (2013)</i>
<b>Reporting</b>	11/11	10/11	11/11
<b>Validité externe</b>	1/3	0/3	1/3
<b>Validité interne - biais</b>	5/7	5/7	5/7
<b>Validité interne - confondue</b>	4/6	3/6	1/6
<b>Puissance</b>	–	–	–
<b>Total</b>	<b>21/27</b>	<b>18/27</b>	<b>18/27</b>

› Tableau 2 : résumé des résultats de l'évaluation de la qualité des articles

	<i>Salonini et al. (2015)</i>	<i>Del Corral et al. (2014)</i>	<i>O'Donovan, Greally et al. (2013)</i>
<b>Distance (m)</b>	637 ± 46,9	493,5 ± 106,2	N/A
<b>- % du prédit</b>	97,1 ± 7,3		
<b>FC (bpm)</b>	159 ± 15,5	N/A	164,4 ± 12,2
<b>- % FC<sub>max</sub> théorique</b>	79,8 ± 7,7		
<b>VO<sub>2</sub></b>	1024,2 ± 282,2 ml/m	6,44 ± 1,34 ml/min/kg	N/A
<b>VE (l/m)</b>	33,6 ± 9,9	N/A	N/A
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	92,9 ± 3,6	N/A	95 ± 1,6
<b>Dyspnée *</b>	2,6 ± 2,3	N/A	4 (3 – 6)
<b>Fatigue **</b>	2,8 ± 2,5	N/A	4,5 (3 – 7)
<b>Coût énergétique (Kcal/15 min)</b>	N/A	18,33 ± 4,5	N/A

› Tableau 3 : résultat au 6MWT et cycloergomètre

\* Borg modifiée pour *Del Corral et al.* (2014) et EVA pour *Salonini et al.* (2015)

\*\* Borg modifiée pour *Del Corral et al.* (2014) et Children OMNI Scale pour *Salonini et al.* (2015)

## Résultats par outcomes

### 6MWT et cycloergomètre

Deux études<sup>(17,19)</sup> ont effectué un test de marche sous-maximal : le 6MWT. La troisième<sup>(18)</sup> a également réalisé une épreuve d'effort sous-maximal mais sur cycloergomètre (Tableau 3).

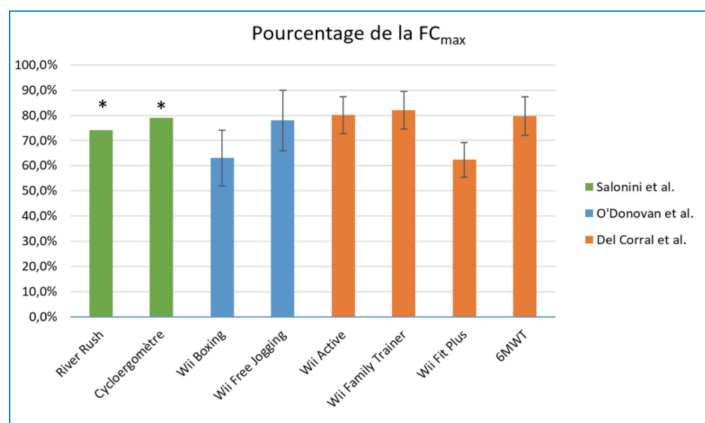
### Fréquence cardiaque

De manière générale, les JV ne semblent pas tous induire la même demande cardio-vasculaire (Figure 2). Toutes études confondues et par ordre décroissant de pourcentage de FC-max atteinte, on retrouve : Wii Family Trainer, Wii Active, Wii Free Jogging puis River Rush. Pour ces JV, aucune différence statistiquement significative n'a été démontrée par rapport aux interventions contrôles. Les jeux Wii Boxing et Wii Fit Plus induisent les intensités les plus faibles.

Dans l'étude de *Del Corral et al.*<sup>(17)</sup>, l'intensité du jeu Wii Fit Plus est significativement plus faible par rapport aux trois autres activités ( $p < 0,0001$ ).

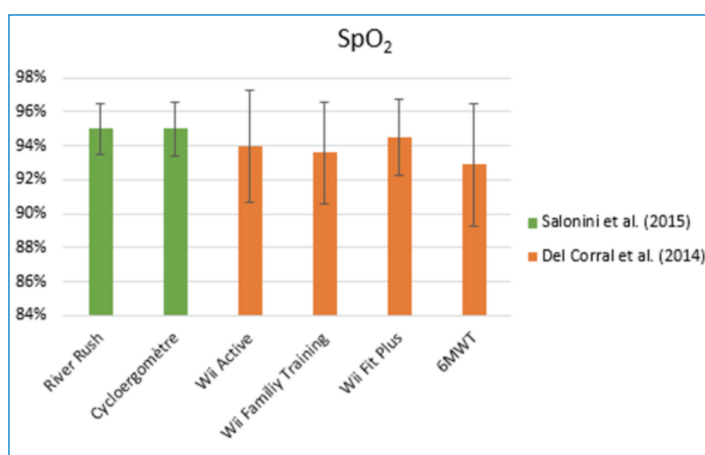
### SpO<sub>2</sub>

La SpO<sub>2</sub> est mesurée dans les trois études, cependant seules deux d'entre-elles présentent les résultats (Figure 3). Dans l'étude de *Salonini et al.*<sup>(18)</sup>, la SpO<sub>2</sub> mesurée est identique entre les deux interventions. Dans celle de *Del Corral et al.*<sup>(17)</sup>, les résultats varient mais aucune désaturation importante n'a été mesurée par les auteurs. La dernière étude<sup>(19)</sup> indique uniquement qu'aucune désaturation au-delà de 4% n'a été enregistrée.



› Figure 2 : résultats du pourcentage de la FC<sub>max</sub>

\* Résultats théoriques calculés à partir des valeurs moyennes de FC :  
 $FC_{max} = FC [bpm] / FC_{max} \text{ théorique } [bpm] \cdot 100$



› Figure 3 : résultats de la SpO<sub>2</sub>

## VO<sub>2</sub>

La VO<sub>2</sub> est étudiée dans deux articles<sup>(17,19)</sup> (Tableau 4). Nous constatons que les résultats des JV sont globalement plus élevés que le 6MWT bien que cela ne soit pas significatif. Seul le jeu Wii Fit Plus obtient un résultat plus faible.

## Dyspnée et fatigue musculaire

Dans l'étude de *Del Corral et al.*<sup>(17)</sup>, les résultats sont similaires, que ce soit pour la dyspnée ou la fatigue, hormis pour le jeu Wii Fit Plus dont le résultat est significativement inférieur aux trois autres exercices ( $p < 0,05$ ).

Dans l'étude de *Salonini et al.*<sup>(18)</sup>, la dyspnée et la fatigue musculaire ( $P < 0,001$ ) provoquées par le jeu River Rush sont significativement plus basses que pour les autres interventions (Tableau 5).

## Discussion

### Qualité des études

Pour résumer cette évaluation objective, l'étude de *Salonini et al.*<sup>(18)</sup> obtient le meilleur score. La partie concernant les descriptions des études s'est révélée excellente pour les trois articles<sup>(17,18,19)</sup>. La validité externe permet d'évaluer la fiabilité des conclusions des études et de déterminer si les résultats peuvent être généralisés à l'ensemble de la population concernée. Les faibles scores dans cette partie nous amènent à nous interroger sur la généralisabilité des résultats avancés. Enfin beaucoup de points ont été perdus, notamment pour l'étude

	<i>Del Corral et al. (2014)</i>				<i>O'Donovan, Greally et al. (2013)</i>		
	6MWT	Wii Active	Wii Family Trainer	Wii Fit Plus	6MWT	Wii Jogging	Wii Boxing
<b>VO<sub>2</sub> absolue (ml/min)</b>	1024,2 ± 282,2	1232,2 ± 427,2 ▼	1252,6 ± 360,2 ▼	553,8 ± 113,2	N/A	N/A	N/A
<b>VO<sub>2</sub> relative (ml/min/kg)</b>	N/A	N/A	N/A	N/A	6,44 ± 1,3	27,65 ± 6,7	15,47 ± 4,7

› Tableau 4 : résultats de la VO<sub>2</sub> ▼ résultats significatifs

	<i>Del Corral et al. (2014)</i>				<i>O'Donovan, Greally et al. (2013)</i>		
	6MWT	Wii Active	Wii Family Trainer	Wii Fit Plus	6MWT	Wii Jogging	Wii Boxing
<b>VO<sub>2</sub> absolue (ml/min)</b>	1024,2 ± 282,2	1232,2 ± 427,2 ▼	1252,6 ± 360,2 ▼	553,8 ± 113,2	N/A	N/A	N/A
<b>VO<sub>2</sub> relative (ml/min/kg)</b>	N/A	N/A	N/A	N/A	6,44 ± 1,3	27,65 ± 6,7	15,47 ± 4,7

› Tableau 5 : résultats de la dyspnée et de la fatigue musculaire ▼ résultats significatifs

\* Borg modifiée pour *Del Corral et al.* (2014) et EVA pour *Salonini et al.* (2015)  
 \*\*Borg modifiée pour *Del Corral et al.* (2014) et Children OMNI Scale pour *Salonini et al.* (2015)

de O'Donovan, Greally et al.<sup>(19)</sup>, dans l'évaluation de la validité interne. Ceci indique que les résultats obtenus ne sont peut-être pas dus au traitement appliqué et que divers biais entrent en compte.

## Interprétation des résultats

### Population

Les caractéristiques des sujets des trois études sont similaires concernant l'âge, la répartition filles/garçons et l'indice de masse corporelle (IMC). Les trois études ont des échantillons de population relativement petits, variant de 24 à 30 sujets pour un total de 84 patients atteints de mucoviscidose dans cette revue. Seule une étude<sup>(18)</sup> a indiqué avoir calculé le nombre de participants nécessaire à l'étude, pour avoir une puissance statistique suffisante.

La capacité maximale d'exercice est généralement conservée tant que le VEMS est supérieur à 60 % du prédit<sup>(10)</sup>. Dans ces études<sup>(17,18,19)</sup>, les fonctions pulmonaires des enfants sont encore relativement préservées avec un VEMS entre 73 et 94 % du prédit. De plus, les trois études ont émis des critères d'exclusion concernant les pathologies musculo-squelettiques, neurologiques et/ou cardio-vasculaires associées pouvant induire des limites ou précautions dans la pratique de l'AP. Hors, nous savons que la mucoviscidose, de par son atteinte systémique, induit fréquemment ce type de pathologies. De ce fait, les résultats présentés dans ces trois articles et dans cette revue peuvent difficilement s'appliquer à des patients souffrant de stades plus avancés de la maladie.

### Intervention

Les trois études<sup>(17,18,19)</sup> utilisent des consoles et des JV différents, ce qui entraîne quelques difficultés dans la comparaison des différentes interventions. Cependant, cela reflète également le choix toujours grandissant du marché des JV. Ceci permet également d'offrir un large panel d'activités et d'intensités afin d'adapter le jeu à des capacités et préférences différentes.

Au final, six jeux sur deux consoles de marques concurrentes ont été analysés. Nous avons pu observer que tous les types de jeux n'induisent pas la même demande cardio-vasculaire. Cette différence peut être induite par l'activité demandée dans le jeu mais également par la manière propre à chacun de jouer. En effet, tant que l'objectif est atteint, aucune règle ne standardise la façon de bouger au cours du jeu. Cela a influencé les résultats de la FC et donc de la demande cardio-vasculaire.

### Comparaison

Les JV sont comparés au 6MWT<sup>(17,19)</sup> ou à une modalité d'effort à 80 % de la FCmax théorique sur cycloergomètre<sup>(18)</sup>. Ces derniers sont tous les deux utilisés comme moyens d'évaluation de la performance mais ne sont pas équivalents. Le 6MWT est un test sous-maximal de terrain évaluant les réponses globales des systèmes pulmonaire, cardio-vasculaire, circulatoire, musculaire et métabolique. Il est indiqué dans les cas de comparaison pré-post traitement, d'établissement d'un statut fonctionnel et de prédiction de mortalité<sup>(21)</sup>.

Dans les trois articles, ces deux tests sont utilisés en vue de les comparer à l'intensité atteinte lors de la pratique des JV. Nous nous interrogeons cependant sur la pertinence de ces choix comme outils de comparaison car ils sont ici utilisés comme séance ponctuelle d'AP.

## Outcomes

### Fréquence cardiaque

Les résultats obtenus (Figure 1) indiquent que les jeux Wii Family Trainer, Wii Active, Wii Free Jogging ou River Rush induisent une intensité plus élevée que les autres. Cependant ces résultats sont difficilement comparables, notamment car la FC n'a pas été enregistrée systématiquement au même moment dans les trois études. Ceci peut en partie être expliqué par le fait que les jeux n'ont pas tous la même durée et que celle-ci ne correspond pas forcément à celle des tests utilisés comme outils de comparaison.

Les jeux Wii Family Trainer et Wii Active semblent être les plus demandeurs au niveau cardio-vasculaire. Dans ces jeux, la mesure a également été effectuée le plus précocement entre les trois études : au bout de cinq minutes de jeu seulement. Ceci nous laisse entendre que l'intensité n'augmente pas nécessairement progressivement au début du jeu, mais que certains peuvent être rapidement très demandeurs. Les types de jeux induisant une intensité plus importante sont probablement ceux demandant au sujet des mouvements rapides, des déplacements ou des sauts, par exemple.

### SpO<sub>2</sub>

La SpO<sub>2</sub> n'est pas réellement un reflet de l'intensité de l'AP mais elle peut être perçue comme un facteur limitant<sup>(10)</sup>. L'hypoxie liée à l'exercice dans la mucoviscidose est définie comme une chute du taux d'oxygène dans le sang au cours de l'exercice de 4 % ou plus par rapport au taux d'oxygène en début d'exercice<sup>(22)</sup>.

Les résultats de la SpO<sub>2</sub> (Figure 3) n'indiquent pas de différence significative entre les JV, le 6MWT ou le cycloergomètre. Bien que les valeurs ne varient jamais de plus de 4 % au sein des études, les valeurs les plus faibles enregistrées s'abaissent tout de même à 89 %<sup>(17)</sup>.

### VO<sub>2</sub>

Les deux études évaluant cet outcome<sup>(17,19)</sup> démontrent une demande métabolique significativement plus élevée lors des JV Wii Active, Wii Training et Wii Free Jogging comparativement au 6MWT (Tableau 4). Néanmoins, ces résultats sont uniquement applicables pour une séance d'entraînement et non pas pour un protocole de réentraînement à domicile par exemple. De plus, nous ne sommes pas en mesure de comparer directement les résultats de ces deux articles car l'unité de mesure utilisée n'est pas la même : valeur absolue vs. relative.

### Dyspnée et fatigue musculaire

Concernant ces outcomes, les jeux River Rush et Wii Fit Plus ont provoqué une dyspnée et une fatigue musculaire significativement moins élevée que les autres interventions (Tableau 5).



La dyspnée a été évaluée via l'échelle de Borg modifiée et une EVA classique<sup>(17,18)</sup>. L'échelle de Borg modifiée est validée pour l'évaluation subjective de la dyspnée chez les enfants de plus de neuf ans atteints de mucoviscidose<sup>(23)</sup>.

Pour l'évaluation de la fatigue lors de l'AP chez les patients atteints de mucoviscidose, autant l'échelle de Borg modifiée que l'OMNI Scale sont validées<sup>(24)</sup>. Plusieurs études ont démontré une haute corrélation entre l'échelle de Borg et l'OMNI Scale, les déclarant même comme interchangeables dans certains contextes<sup>(25,26)</sup>. Nous n'avons cependant trouvé aucune corrélation entre l'échelle de Borg modifiée et l'OMNI Scale.

En comparant ces données significatives avec les résultats de la FC, nous pouvons voir que les jeux River Rush et Wii Fit Plus sont également ceux durant lesquels le pourcentage de la FCmax atteint est le plus bas. Ceci nous amène à penser que bien que l'activité soit plus plaisante, par rapport à un 6MWT ou une session sur cycloergomètre, cela influence peu la perception de la dyspnée et de la fatigue.

### Limites

La population des études<sup>(17,18,19)</sup> ne correspond pas à la population pédiatrique atteinte de mucoviscidose dans son ensemble. Les faibles échantillons et les fonctions pulmonaires relativement préservées rendent les résultats de cette revue difficilement généralisables à l'intégralité de la population. Le nombre limité de sujets peut également induire un biais de sélection dans la portée des résultats, notamment par rapport à leur significativité.

Les études de cette revue<sup>(17,18,19)</sup> n'évaluent que des séances brèves et ponctuelles d'AP. De ce fait, nous disposons uniquement de données concernant le court terme. À notre connaissance, aucune étude n'a évalué une prise en charge sur du long terme, en utilisant les JV dans le cadre d'un programme de réentraînement à l'effort.

Dans l'étude de *O'Donovan et al.*<sup>(19)</sup>, un biais potentiel est lié à l'environnement. En effet, les auteurs ont proposé aux participants d'effectuer les interventions à l'hôpital ou à leur domicile, selon leur préférence. Le 6MWT n'a pas toujours été évalué dans le même environnement ce qui peut faire varier la vitesse et donc la distance du fait d'un espace non délimité. Cela a donc un impact dans la comparaison entre les données des JV avec celle du 6MWT. De plus, lors de la pratique des JV à la maison, un manque de place peut entraver les capacités de l'enfant à se mouvoir correctement et donc à atteindre sa pleine intensité.

Au cours des JV, certains objectifs sont à atteindre et les niveaux sont plus ou moins difficiles, mais aucune règle ne fixe comment jouer. Tant que ces objectifs sont atteints, l'enfant peut se mouvoir comme il l'entend.

Nous avons pu identifier une dernière limite qui n'a été évoquée dans aucun des trois articles : la présence des chercheurs lors des JV. Leur présence est requise afin de récolter les données, mais elle peut toutefois pousser les enfants à se sur-

passer et jouer à une intensité qu'ils n'atteindraient pas sans supervision. Cet effet est renforcé d'autant plus que chaque jeu n'est pratiqué qu'une seule fois : les sujets veulent probablement donner le meilleur d'eux-mêmes. Cela ne reproduit donc pas réellement les conditions de la vie quotidienne mais cet effet pourrait en partie être contré en réalisant plusieurs séances de JV, sur des durées d'exercices et des études plus longues.

Ces différents éléments remettent en cause la généralisation et la validité des résultats présentés dans cette revue de littérature.

### Implication pour la pratique

Les enfants atteints de mucoviscidose retirent des bénéfices non négligeables à effectuer de l'AP régulière, notamment sur leur qualité de vie et leurs fonctions pulmonaires mais l'adhésion à l'exercice peut être faible. Pour favoriser l'adhésion du patient sur le long terme il faut tenir compte de ses intérêts et proposer une activité accessible. En choisissant d'effectuer ce travail, nous avons émis l'hypothèse que les JV sont plus attractifs pour les enfants que l'AP traditionnelle et qu'ils pourraient aider à favoriser leur participation sur le long terme. Dans leur étude, *Salonini et al.*<sup>(18)</sup> ont également mesuré le plaisir ressenti lors de la pratique du JV et du cycloergomètre et ont démontré que la Xbox Kinect est significativement plus appréciée que le cycloergomètre ( $p < 0.001$ ).

Malgré les conclusions intéressantes de la littérature actuelle, nous ne pouvons affirmer avec certitude que la pratique des JV induit une intensité suffisante pour être considérée comme de l'AP modérée, par rapport à une activité sur cycloergomètre ou un 6MWT. Les études actuelles ne nous permettent pas de déterminer si les JV peuvent être utilisés dans le cadre d'un programme quotidien d'AP ou de réentraînement.

Nous pouvons néanmoins souligner le fait que les JV permettent de diminuer les comportements sédentaires. En incitant les patients à pratiquer ce type de jeux plutôt que de passer du temps devant des écrans de manière passive, nous pouvons permettre à ces enfants d'augmenter leur AP quotidienne.

### Pistes pour les futures recherches

À notre connaissance, aucune étude randomisée contrôlée (RCT) n'a à ce jour été publiée à propos de l'AP et des jeux vidéo chez une population atteinte de mucoviscidose. Les études à venir devraient donc établir un protocole de type RCT en intégrant un groupe contrôle composé de patients atteints de mucoviscidose. Les échantillons devraient être plus importants que ceux des trois études présentées dans cette revue de façon à obtenir une meilleure puissance statistique.

Il serait essentiel de mesurer les effets à moyen et long terme en comparant un programme d'AP basé sur les JV et un basé sur des exercices traditionnels, ce qui permettrait d'évaluer l'adhésion au traitement.

Sachant que l'AP a des effets bénéfiques même chez les patients dans des stades plus avancés de la maladie<sup>(10)</sup>, il pour-

rait être intéressant de les intégrer dans les prochaines recherches. Cela permettrait de pouvoir généraliser les résultats à des patients plus similaires à la population pédiatrique atteinte de mucoviscidose dans son ensemble. Il est certain que ces comorbidités influencent l'AP mais elles sont indissociables de la mucoviscidose et des bénéfices peuvent également se faire ressentir.

## Mise en lien avec la littérature actuelle

Nous avons également consulté les articles concernant la population adulte atteinte de mucoviscidose<sup>(27,28)</sup>. Les deux articles concernant les adultes obtiennent des conclusions similaires à celles que nous avons présentées pour les enfants dans cette revue: les JV semblent induire une intensité semblable à celle atteinte lors des éléments de contrôle. Toutefois, ces deux études présentent des limites comparables à celles de nos articles, comme par exemple de petits échantillons et des protocoles de faible niveau de preuve.

Une nouvelle étude est actuellement conduite en Espagne par l'auteure *Del Corral*<sup>(29)</sup>. L'objectif de cette étude est de déterminer les effets d'un programme de réentraînement de six semaines utilisant la Nintendo Wii chez 41 enfants de sept à dix-huit ans atteints de mucoviscidose. Les sujets sont aléatoirement séparés en deux: groupe contrôle et groupe intervention. Les deux poursuivent leurs traitements quotidiens mais les sujets du groupe intervention participent en plus à un programme de réhabilitation pulmonaire comprenant 30 à 60 min d'exercice au moyen du jeu EA Sports Active 2, 5 jours par semaine pendant 6 semaines. La tolérance à l'exercice, mesurée à l'aide du 6MWT et du test de marche navette modifié, est le principal outcome. Les outcomes secondaires sont la force musculaire et la qualité de vie. Cette étude semble très intéressante car elle étudie les JV sur une période prolongée et intègre un groupe contrôle composé également de patients, éléments manquant dans les études de cette revue de littérature.

## Conclusion

L'AP est une partie intégrante du traitement quotidien des patients atteints de mucoviscidose. Depuis peu et dans différents contextes de pathologies, l'AP commence à se pratiquer par le biais des JV.

Nous avons pu voir que certains jeux semblent permettre l'atteinte d'une intensité comparable à un test sous-maximal alors que d'autres sont d'une intensité plus faible. L'intensité mesurée s'est avérée être de faible à modérée, selon les JV. Au cours des trois études présentées, six jeux ont été évalués sur deux consoles de marque différente. Selon les résultats, nous pouvons établir deux groupes de jeux:

- Wii Fit et Wii Boxing semblent être les moins demandeurs au niveau cardio-vasculaire ;
- River Rush, Wii Training, Wii Active et Wii Jogging obtiennent les intensités les plus élevées.

Il nous semblerait donc possible d'adapter les différents JV, selon leur niveau d'intensité, pour les différents niveaux d'at-

teinte de la pathologie. Cependant, de plus amples investigations dans ce sens doivent être menées.

En somme, les premiers résultats semblent encourageants mais ils proviennent d'études de faible qualité et nous ne pouvons pas affirmer de manière catégorique que les JV induisent une intensité comparable au 6MWT ou au cycloergomètre.

## Implications pour la pratique

- Les études actuelles ne nous permettent pas de déterminer si les JV peuvent être utilisés dans le cadre d'un programme quotidien d'AP ou de réentraînement.
- Les JV sont plus attractifs pour les enfants que l'AP traditionnelle et ils pourraient aider à favoriser leur participation sur du long terme.
- Les JV interactifs permettent de diminuer les comportements sédentaires.
- Une nouvelle étude<sup>(23)</sup> semble intéressante car elle étudie les JV sur une période prolongée et intègre un groupe contrôle composé également de patients

## Contact

Audrey Lattion  
Les Demés 14  
1928 Ravoire  
078/868.73.57

audrey.lattion@hotmail.ch

## Références

1. Agnew JL, Owen B. Cystic Fibrosis. In : Campbell SK, Palisano RJ, Orlin MN. Physical Therapy for Children. St-Louis: Elsevier Saunders; 2011.
2. Société Suisse pour la Mucoviscidose [Internet]. Bern (CH): CFCH; 2016. Vivre avec une maladie chronique. [cited 2016 april] Available from : <http://www.cfch.ch/fr/mucoviscidose/>
3. Myers LB. An exploratory study investigating factors associated with adherence to chest physiotherapy and exercise in adults with cystic fibrosis. *Journal of Cystic Fibrosis*. 2009; 8:425-427.
4. Aubriot AS, Lessire F, Opdekamp C, Reyhler G. Kinésithérapie et mucoviscidose. In: Reyhler G, Roeseler J, Delguste P. Kinésithérapie respiratoire. Bruxelles (BE): Elsevier-Masson; 2014.
5. Dodd ME, Webb AK. Bronchiectasis, primary ciliary dyskinesia and cystic fibrosis. In: Pryor JA, Prasad SA. Physiotherapy for Respiratory and Cardiac Problems: Adults and Paediatrics. 4e éd. Edimbourg, GB: Churchill Livingstone; 2008.
6. Bryon M, Steed E. Psychological aspects of care. In: Pryor JA, Prasad SA. Physiotherapy for Respiratory and Cardiac Problems: Adults and Paediatrics. 4e éd. Edimbourg, GB: Churchill Livingstone; 2008.
7. Williams CA, Stevens D. Physical activity and exercise training in young people with cystic fibrosis: Current recommendations and evidence. *Journal of Sport and Health Science*. 2013; 2: 39-46.
8. Schneiderman JE, Wilkes DL, Atenafu EG, Nguyen T, Wells GD, Alarie N, et al. Longitudinal relationship between physical activity and lung health in patients with cystic fibrosis. *European Respiratory Journal*. 2014; 43: 817-823.

9. Tejero Garcia S, Giraldez Sanchez MA, Cejudo P, Quintana Gallego E, Dapena J, Garcia Jimenez R. Bone health, daily physical activity, and exercise tolerance in patients with cystic fibrosis. *Chest*. 2011; 140(2): 475-481.
10. Almajed A, Lands LC. The evolution of exercise capacity and its limiting factors in cystic fibrosis. *Paediatrics Respiratory Reviews*. 2012; 13: 195-199.
11. Button B, Wilson C, Dentice R, Cox N, Middleton A, Tannebaum E, et al. Physiotherapy for cystic fibrosis in Australia and New Zealand: A clinical practice guideline. *Respirology*. 2016, 21: 656-667.
12. American College of Sports Medicine. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1998; 30(6): 975-991.
13. Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, ZuWallack R, Nici L, Rochester C, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2013; 188(8): 13-64.
14. Bradley J, Moran F. Physical training for cystic fibrosis. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2008(1):CD002768.
15. Swisher AK, Erickson M. Perceptions of physical activity in a group of adolescents with cystic fibrosis. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*. 2008; 19(4): 107-113.
16. Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *Journal of Epidemiology & Community Health*. 1998; 52: 377-384.
17. Del Corral T, Percegon J, Seborga M, Rabinovich RA, Vilaró J. Physiological response during activity programs using Wii-based video games in patients with cystic fibrosis (CF). *Journal of Cystic Fibrosis*. 2014; 13: 706-711.
18. Salonini E, Gambazza S, Meneghelli I, Tridello G, Sanguanini M, Cazzarolli C, et al. Active Video Game Playing in Children and Adolescents With Cystic Fibrosis: Exercise or Just Fun ? *Respiratory Care*. 2015; 60: 1172-1179.
19. O'Donovan C, Grealley P, Canny G, McNally P, Hussey J. Active video games as an exercise tool for children with cystic fibrosis. *Journal of Cystic Fibrosis*. 2013; 13: 341-346.
20. Centre de Référence de la mucoviscidose des Cliniques St Luc [Internet]. Bruxelles (BE) [cited 2016 avril]. Available from: <http://www.muco-ucl.be/index.html>
21. American Thoracic Society. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2002; 166: 111-117.
22. Urquhart D, Narang I, Jaffé A. Assessment and Interpretation of Arterial Oxygen Saturation in Children with Cystic Fibrosis. *Newsletter: Cystic Fibrosis Worldwide*. 2007 [cited 2016 avril]. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/242732113\\_Assessment\\_and\\_Interpretation\\_of\\_Arterial\\_Oxygen\\_Saturation\\_in\\_Children\\_with\\_Cystic\\_Fibrosis](https://www.researchgate.net/publication/242732113_Assessment_and_Interpretation_of_Arterial_Oxygen_Saturation_in_Children_with_Cystic_Fibrosis)
23. Hommerding PX, Donadio MVF, Paim TF, Marostica PJ. The Borg scale is accurate in children and adolescents older than 9 years with cystic fibrosis. *Respiratory Care*. 2010; 55(6): 729-733.
24. Hodson M, Bush A, Geddes D. *Cystic Fibrosis*. 3e éd. Londres (GB): Hachette; 2007.
25. Lagally KM, Robertson RJ. Construct validity of the OMNI resistance exercise scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2006; 20(2): 252-256.
26. Muyor JM. Exercise Intensity and Validity of the ratings of perceived exertion (Borg and OMNI scales) in an indoor cycling session. *Journal of Human Kinetics*. 2013; 39: 93-101.
27. Holmes H, Wood J, Jenkins S, Winship P, Lunt D, Bostock S, et al. Xbox KinectTM represents high intensity exercise for adults with cystic fibrosis. *Journal of Cystic Fibrosis*. 2013; 12: 604-608.
28. Kuys SS, Hall K, Peasey M, Wood M, Cobb R, Bell SC. Gaming control and cycle or treadmill exercise provide similar cardiovascular demand in adults with cystic fibrosis: a randomised cross-over trials. *Journal of Physiotherapy*. 2011; 57: 35-40.
29. Clinical Trials. Video Game Exercise Effectiveness of a Domiciliary Pulmonary in Cystic Fibrosis Patients. 2016. [cited 2016 avril]. Available from: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/record/NCT02552043?term=%22cystic+fibrosis%22+and+%22video+games%22&rank=1>



**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**



# » Méthodologie

## Fiabilité d'un test, d'une mesure ou d'une procédure d'évaluation

### Reliability of tests, measures and evaluation procedures

PAUL VAUCHER (PhD, MSc Clinical Trials, Ostéopathe CDS-GDK)

Haute Ecole de Santé de Fribourg, Haute Ecole Supérieure Suisse Occidentale (HES-SO)

La rédaction de cet article a été financée par la HES-SO

L'auteur déclare n'avoir aucun conflit d'intérêts en relation avec cet article

---

#### Keywords

Methodology, reliability, consistency, stability, repeatability

---



---

#### Mots clés

Méthodologie, fiabilité, reproductibilité, stabilité, précision, cohérence, répétabilité

---

#### Abstract

Reliability plays a central role in the importance we are willing to accord to clinical tests. Empirical observations suggest that tests in manual therapy are more complex than we believed. They apparently do not follow a simplistic dichotomist model defining the presence or absence of somatic dysfunctions. Exploring more complex dimensions of our clinical tests could help understand discrepancies of interpretations between different observers. By defining and standardising our methods of investigation, we could reduce errors and improve reliability. More than ever, it is therefore essential for clinicians to have a clear understanding of what reliability is and how it is measured. This article presents basic concepts about reliability such as absolute and relative reliability, and internal consistency.

#### Résumé

Les notions de fiabilité sont essentielles pour mieux décider de la place que l'on veut accorder aux tests cliniques. En thérapies manuelles, les observations empiriques semblent suggérer que la plupart des tests cliniques sont bien plus complexes que ce que l'on croyait. Ils ne répondent apparemment pas à un modèle dichotomique définissant la présence ou l'absence d'une dysfonction somatique. L'exploration des dimensions plus complexes de nos tests pourrait nous aider à mieux comprendre le manque de cohérence des interprétations entre observateurs. En définissant plus clairement ce que l'on mesure et en standardisant la méthode de nos tests cliniques, on peut espérer réduire leurs erreurs et améliorer leur fiabilité. Plus que jamais, il semble donc important de bien comprendre ce qu'est la fiabilité et comment nous la mesurons. Cet article présente quelques concepts de base tels que la fiabilité absolue, la fiabilité relative et la cohérence interne.



## Introduction

Depuis la fin des années quatre-vingt, les thérapies manuelles semblent manifester des difficultés à résoudre un défi de taille : modéliser la place des tests cliniques dans le raisonnement clinique.<sup>(1)</sup> Qu'on adopte une approche par arbre décisionnel,<sup>(2)</sup> une approche Bayésienne,<sup>(3)</sup> un modèle narratif,<sup>(4)</sup> ou même une approche par logique floue,<sup>(5)</sup> le problème de base reste le même : la subjectivité de ces tests et l'importance des erreurs de mesure nuisent à la qualité de l'information disponible. Le fait que plusieurs praticiens n'arrivent pas à s'entendre sur leurs interprétations, sur la qualité de la mobilité d'une articulation,<sup>(6)</sup> sur la position relative de structures anatomiques,<sup>(7)</sup> ou sur la présence de mouvements plus fins<sup>(8)</sup> remet entièrement en question l'utilité de ces tests dans le raisonnement clinique. Afin de faire face à ce défi de taille, cet article propose d'introduire les bases méthodologiques de la fiabilité des tests.

Si l'on admet que pour tout test, il existe un résultat vrai (cf. théorie classique des tests, théorie de la généralisabilité,<sup>(9)</sup> théorie de réponse d'item<sup>(10)</sup>), on présuppose alors que ce que nous observons est le résultat de la vraie mesure auquel est ajouté une ou plusieurs erreurs (Figure 1). Ceci suggère également que toute mesure présente un certain degré d'imprécision. Les mesures de fiabilité quantifient alors l'importance de ces erreurs de mesure. Elles permettent de mieux connaître la stabilité des réponses d'un test dans le temps, le degré d'équivalence entre différentes versions d'un test, et la cohérence interne entre les réponses de différents tests lorsque ceux-ci sont combinés ensemble. Cet article va donc développer les notions de fiabilité absolue (précision ou stabilité) et relative (utilité) et celle de cohérence interne (batterie de tests), avant de donner un bref aperçu des méthodes statistiques existantes.

### Sources possibles d'erreurs de mesure

- Les conditions environnementales (ex. température, bruits, luminosité, etc...).
- Le contexte du test (ex. présence de douleur, état d'inflammation, étirement préalable, plaie superficielle, etc...).
- L'état psychologique du sujet testé (ex. niveau d'apprentissage, état d'habitude, niveau d'attention, état de fatigue, état de stress, etc...).
- L'état de l'observateur (ex. niveau d'expérience, capacité de concentration, etc...).
- Les propriétés du test qui changent pour certaines sous-populations (ex. enfants versus personnes âgées, personnes raides versus personnes souples, etc...).
- Temporalité des tests (ex. période de la prise de mesure en présence d'une fluctuation naturelle circadienne ou menstruelle, régression vers la moyenne, etc...).
- Erreurs de lecture.

▷ Figure 1 : sources possibles d'erreurs de mesure

## Développement

### Précision ou fiabilité absolue

Pour tout test qui fournit un résultat sous forme de score ou d'unité de mesure, on est en droit de s'attendre à recevoir

des informations sur sa précision. Celles-ci donnent généralement des indications sur la marge d'erreur que l'on peut s'attendre à avoir avec l'instrument. Plus cette marge est petite, plus l'instrument devient précis. Un tel instrument peut alors identifier de faibles différences ou fluctuations (par exemple amélioration ou péjoration d'une atteinte, présence d'asymétrie, écart par rapport à une norme attendue).

Pour mesurer la marge d'erreur d'un instrument, on répète les mesures afin de vérifier leur stabilité. On donne ensuite une valeur exprimant l'étendue des erreurs observées. Ces valeurs correspondent à la fiabilité absolue (Tableau 1).

Young et al<sup>(11)</sup> se sont intéressés à la fiabilité des mesures d'amplitude de mouvement des genoux. En répétant trois mesures sur 29 sujets, ils ont pu montrer que la précision d'un goniomètre manuel en plastique (SEM= 0.86 degrés) était tout aussi bonne que celle observé avec un goniomètre électronique de type Lamoreux (SEM=0.99 degrés). Comme clinicien, nous savons maintenant que l'instrument n'est donc pas utile pour détecter une progression, ou une péjoration, qui serait inférieure à 2.4 degrés pour le goniomètre manuel et 2.7 degrés pour le goniomètre électronique.

En connaissant la précision nécessaire, on peut choisir le meilleur instrument en fonction des circonstances. Le but étant que l'instrument puisse au moins détecter la différence minimale que l'on cherche à observer et qui aurait un sens clinique<sup>(12)</sup>. Le meilleur test étant celui qui donne suffisamment de précision tout en étant simple d'utilisation, bon marché, confortable, exempt d'effets secondaires et rapide.

Mesurer la fiabilité absolue peut s'avérer difficile, notamment lorsque la mesure elle-même détruit ou altère l'objet que l'on mesure.

### Interprétation clinique et fiabilité relative

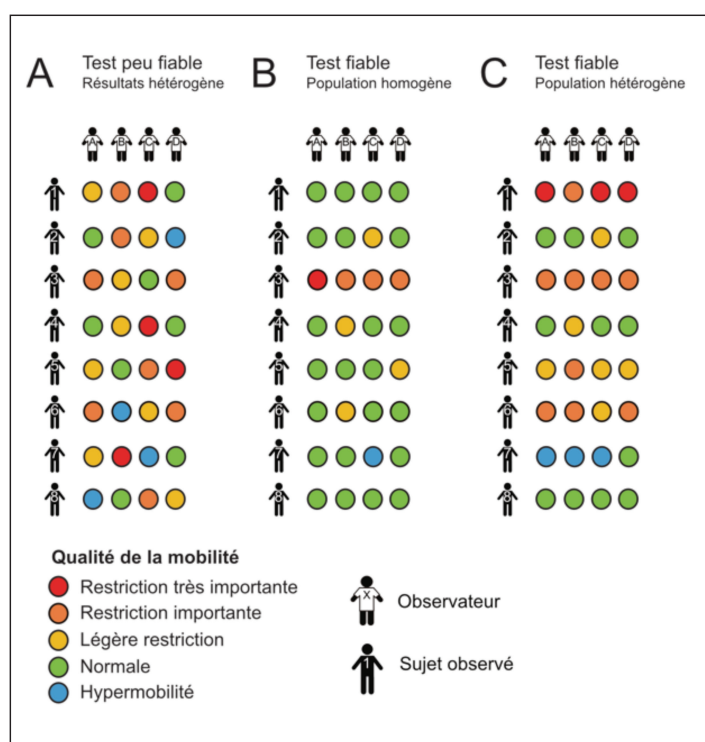
Une autre manière d'approcher la fiabilité est de contextualiser l'utilisation d'un instrument de mesure et d'évaluer sa capacité à détecter des différences entre des patients. On parle alors de fiabilité relative. Pour mesurer la fiabilité relative, on distingue généralement la fiabilité intra-testeurs de la fiabilité inter-testeurs. La première évalue la stabilité des mesures pour un seul observateur, alors que la seconde évalue la stabilité des mesures entre plusieurs observateurs.

Pour les estimer, on peut effectuer une analyse de variance<sup>(12)</sup>; on observe toutes les variations entre de multiples mesures prises sur de multiples personnes (Figure 2). Un test est considéré comme étant fiable lorsque la variation totale des mesures est davantage expliquée par des différences entre les patients (par ex. colonnes dans la Figure 2) que par les différences entre les mesures prises sur le même patient (par ex. rangées dans la Figure 2). Ceci revient à dire qu'un test commence à devenir utile à partir du moment où la fluctuation des mesures prises sur différents patients dépasse la marge d'erreur de l'instrument de mesure. Si tel n'est pas le cas, on ne peut pas savoir si le résultat observé correspond à l'état du patient ou non (par ex. Situation A dans la Figure 2).

	Abréviation (anglais)	Valeurs (min; max)	Interprétation
<b>Fiabilité absolue</b>			
Erreur type de mesure* (standard error of measurement)	SEM	± en unité mesurée	Correspond à l'écart type de la distribution théorique des erreurs de mesure.
Limites de l'entente* (limits of agreement)	LoA	Unité mesurée (95%inf - 95%sup)	Donne l'intervalle d'erreur qu'on est en droit d'attendre. Ceci correspond aux limites dans lesquelles se trouveraient 95% des valeurs de la distribution des erreurs de mesure.
Coefficient de variation (coefficient of variation)	CV	(0 ;∞)	Correspond au rapport entre l'erreur de mesure et la moyenne des mesures. Un indice bas indique une haute
<b>Fiabilité relative</b>			
Indice de kappa* (kappa coefficient)		(0;1)	Correspond à la proportion de sujets pour lesquels deux examinateurs s'accordent sur le résultat d'un test après avoir corrigé pour les ententes qu'on peut s'attendre à trouver par hasard.
Corrélation intra-classe* (intra-class correlation coefficient)	ICC	(0;1)	Proportion de la variante expliquée par des différences entre les sujets observés. Un indice de 1 indique une parfaite entente entre les observateurs.
<b>Cohérence interne</b>			
Alpha de Cronbach* (Cronbach's alpha)		(0;1)	Proportion de la variance partagée entre différents items d'un score par rapport à la variance totale. Un indice de 1 indique que tous les items d'un score fluctuent ensemble de manière totalement prédictible. Un score de 0 indique que chaque item varie indépendamment des autres.
Coefficient KR-20 (Kuder-Richard formula 20)	r	(0;1)	L'équivalent de l'alpha de Cronbach pour les variables dichotomiques (ex. positif/négatif)

› Tableau 1 : méthodes statistiques communes utilisées pour mesurer la fiabilité

\* Présume que l'erreur est la même indépendamment de la valeur de la mesure (homoscédasticité)



› Figure 2 : fiabilité relative et principe de l'analyse de variance

Moran et Gibbons<sup>(13)</sup> ont testé la fiabilité de la palpation du rythme crânio-sacré en comparant le rythme perçu (cycle par minute) entre deux praticiens expérimentés qui testaient 11 sujets. Ils ont observés une très mauvaise fiabilité inter-testeur de la palpation du rythme au crâne avec un ICC<sub>(2,1)</sub> de 0.05. Ceci signifie que la différence de rythme observée entre les sujets (SD=0.5 cyc.min<sup>-1</sup> pour un observateur et SD=1.0 cyc. min<sup>-1</sup> pour l'autre) étaient tout aussi importante que la différence observée entre les deux testeurs. La fiabilité intra-testeur était cependant bien meilleure avec un ICC<sub>(2,1)</sub> de 0.47 pour le premier testeur et de 0.73 pour le second. Ceci suggère que la palpation d'un même clinicien peut être reproductible mais pas celle entre différents praticiens. On trouve une erreur systématique entre les praticiens qui ne remet cependant pas nécessairement entièrement en question l'utilité de la palpation pour identifier une progression dans le temps.

Contrairement à la fiabilité absolue, la fiabilité relative dépend de la population étudiée et de la gravité attendue de l'affection recherchée. Les exigences sont bien plus élevées pour détecter une affection qui serait rare, et qu'on cherche à détecter à un état précoce (par ex. situation B dans la Figure 2), que pour détecter une atteinte plus fréquente avec une grande variété de gravité de manifestations (par ex. situation C dans



la Figure 2). La distinction entre une attitude scoliotique et une scoliose vraie est bien plus difficile lorsque l'on cherche à les distinguer en début d'apparition que lorsque la scoliose est bien plus importante. La fiabilité relative du dépistage est bien meilleure à l'hôpital orthopédique que lors du dépistage scolaire<sup>(14)</sup>.

En thérapie manuelle, une grande partie des affections recherchées sont très nuancées. Il s'en suit que pour être utile, notre méthode de dépistage doit donner des résultats très précis pour être fiable. Pour certaines atteintes, ceci peut être réalisé en combinant ensemble plusieurs tests évaluant la même chose. On parle alors d'une batterie de tests.

### Batterie de tests et cohérence interne

Une batterie de tests permet de combiner les résultats de différents tests pour ensuite conclure à la présence ou la gravité d'une affection. La hiérarchisation des tests, partant de tests plus globaux pour aboutir à des tests spécifiques, est un exemple d'une batterie de tests. Ce modèle, utilisé entre autre en ostéopathie,<sup>(15)</sup> est une forme d'arbre décisionnel qui devrait suivre des règles bien précises pour être fiable.

Une autre façon de construire une batterie de tests est de combiner ensemble différents tests ou différentes mesures qui ont comme objectif de tester la même chose. On cherche ensuite à déduire le résultat selon l'ensemble des observations plutôt que chaque résultat pris individuellement. Ceci a l'avantage de diluer les erreurs de chacun des tests qui aurait peu de sens pris isolément. Ainsi des tests peu fiables peuvent contribuer à une mesure générale qui peut devenir très fiable.

En 1992, *Stiell et al.* ont développé la règle d'Ottawa permettant d'exclure la présence d'une fracture de la cheville en explorant 32 signes cliniques sur 900 patients se présentant aux urgences après un traumatisme de la cheville<sup>(16)</sup>. Ils ont ainsi pu définir une règle simple permettant d'exclure une fracture basée sur quatre signes seulement; avoir moins de 55 ans, l'absence d'une douleur postérieure à la palpation sur les six derniers centimètres de la malléole latérale, l'absence de douleur dans la même zone de la malléole médiale, ainsi que la possibilité de se mettre en charge immédiatement après le traumatisme et au moment de la consultation. La composante clinique combinée a une bonne fiabilité ( $k=0.72$ ) et la règle, qui a une sensibilité de 100% et une spécificité de 40%, permet d'éviter les coûts inutiles d'une investigation plus poussée<sup>(17)</sup>. Le succès de cette règle vient du fait d'avoir pu isoler les quatre signes des 28 autres. Ces signes présentent en effet une très bonne cohérence interne.

Pour aboutir à une mesure, les batteries de tests doivent répondre à plusieurs critères: 1) chaque item de la batterie doit contribuer à la mesure en question, 2) chaque item doit partager un lien commun avec tous les autres items, 3) le score résultant de la batterie de tests doit représenter un seul univers. Lorsque l'on mesure la qualité de vie, on cherche à ce que l'ensemble des indicateurs mesurent le même concept. Dans le cas du SF-12, deux univers différents ont été identifiés: la santé physique et la santé mentale, chacune comprenant six items sous forme de questions<sup>(18)</sup>. Chacune de ces six questions re-

présente une même dimension de la qualité de vie, et elles sont cohérentes entre elles. Lorsque l'on parle de cohérence interne, on cherche donc à évaluer à quel point les différents items d'un instrument contribuent à faire fluctuer le score final.

Classiquement, on utilise généralement des analyses de covariance pour mesurer la cohérence interne (par ex. alpha de Cronbach ou KR-20). Cette approche présume que l'association entre les items reste toujours identique indépendamment de la sévérité de l'affection; ce qui n'est souvent pas le cas. L'approche Bayésienne avec la théorie de réponse d'item et les analyses Rasch<sup>(19)</sup> permettent bien plus de souplesse en hiérarchisant chaque item d'un instrument de mesure. La méthode d'analyse Rasch a été développée en éducation. Dans un examen scolaire, on imagine facilement que certaines questions peuvent être plus difficiles que d'autres. Pour réussir, l'étudiant doit non seulement réussir les questions faciles mais également celles qui sont plus difficiles. Plus un étudiant est doué, plus il a de chance de répondre positivement aux questions difficiles. Un examen peut être analysé pour s'assurer qu'il contient un gradient de complexité. De même, un examen clinique investigate l'importance d'une affection. Plus elle est sévère, plus il y a de chances que des signes tardifs apparaissent. La hiérarchisation des symptômes selon la sévérité des cas peut donc être très utile pour évaluer la fiabilité d'un instrument à détecter différents niveaux d'état. Cette approche est cependant encore peu utilisée, mais mérite d'être considérée pour la recherche en thérapies manuelles.

### Méthodes statistiques habituelles

La fiabilité absolue est souvent décrite par l'erreur type de mesure, par les limites de l'entente et par le coefficient de variation (Tableau 1).

L'erreur type de mesure (SEM) peut être mesurée en utilisant son indice de fiabilité relative:

$$SEM = S\sqrt{(1-r)}$$

SEM = erreur type de mesure

S = écart type des mesures du test

r = indice de fiabilité du test

Les limites de l'entente sont calculées le plus souvent lorsque l'on compare deux tests évaluant la même chose<sup>(20)</sup>. On peut aussi l'utiliser pour voir s'il existe une différence systématique entre deux observateurs. En premier lieu, on mesure pour chaque sujet observé, la différence entre les deux mesures. On calcule ensuite la fourchette dans laquelle se retrouvent 95% des mesures, chaque borne se trouvant:

$$LoA = m \pm 1.96 \times S$$

avec m = différence moyenne, S = écart type et n = nombre de sujets observés.

Lorsque l'on mesure les limites de l'entente, il est toujours utile de représenter graphiquement les valeurs (graphique de Bland-Altman) afin de vérifier visuellement que la dispersion des erreurs est homogène indépendamment de la valeur de la

mesure (par ex. homoscedasticité). On peut aussi facilement voir si les différences entre les mesures sont systématiques ou pas.

Finalement, on peut mesurer le coefficient de variation, qui donne une idée de l'importance de l'erreur par rapport à la valeur attendue des mesures. Le coefficient de variation est simplement :

$$CV = S/m$$

Avec S = écart type des erreurs et m = moyenne des mesures

La fiabilité relative est la plupart du temps exprimée par un coefficient qui va de 0 à 1 (Tableau 1). Pour le mesurer, on utilise l'indice de kappa (variables dichotomique ou nominale) ou les coefficients de corrélation intra-classe (variable continue ou ordinale).

Il existe deux indices de kappa, celui de Cohen et celui de Fleiss<sup>(21)</sup>. Le premier est utilisé pour comparer deux observations, alors que le second permet de comparer un nombre plus élevé d'observations. L'indice de kappa dépend grandement de la probabilité d'avoir une réponse concordante par hasard. La taille de l'échantillon et la prévalence de l'atteinte sont donc déterminantes.

Les méthodes statistiques pour mesurer les coefficients de corrélation intra-classe les plus fréquemment utilisées sont les modèles à effet fixe et à effet aléatoire (fixed or mixed effect models)<sup>(22)</sup>. Le premier permet de mesurer la fiabilité intra-testeur ou test-retest (ICC<sub>(3,1)</sub>) et le second la fiabilité inter-testeur (ICC<sub>(2,1)</sub>). La plupart des logiciels statistiques permettent ces analyses.

Lorsque l'on planifie une étude de fiabilité, il est important de s'assurer qu'on dispose de suffisamment de puissance pour avoir des mesures de fiabilité qui ont un sens. La puissance va dépendre du nombre de sujet observés, du nombre d'observateurs, et du nombre d'observations par observateur<sup>(23-25)</sup>.

### Interprétation des résultats

Les mesures de fiabilité absolues donnent une idée assez précise de ce que l'on peut attendre des mesures. Hormis le coefficient de variation, elles restent cependant vulnérables à l'hétéroscedasticité (c.à-d. l'importance de l'erreur dépend de la magnitude de la mesure) d'où l'importance de réaliser des études de fiabilité qui comprennent des personnes hétérogènes avec un

spectre large de sévérité de l'atteinte investiguée.

L'interprétation des mesures de fiabilité relative est plus délicate. Il est important de ne pas extrapoler les résultats sur d'autres populations que celles étudiées. La raison principale étant que ces mesures dépendent grandement des caractéristiques de la population étudiée notamment en ce qui concerne l'hétérogénéité de la sévérité des atteintes. Plus une population est homogène, plus l'ICC ou le Kappa d'un instrument sera faible. L'interprétation du sens clinique dépend également du contexte et des conséquences de faussement classer une personne comme saine ou malade. Landis & Koch,<sup>(26)</sup> puis Fleiss<sup>(27)</sup> ont déterminé arbitrairement une classification des valeurs pour les indices de kappa (Tableau 2). Ces interprétations sont à utiliser avec précaution et nécessitent également de tenir compte de la qualité des études. On trouve également des valeurs similaires pour le coefficient de corrélation intra-classe. Un test est généralement considéré comme étant cliniquement utile s'il a un ICC ≥ 0.75 et comme étant utilisable en recherche pour servir d'étalon-or s'il a un ICC ≥ 0.9.

## Discussion

### La place de la fiabilité en thérapies manuelles

Dans sa maturation moderne, l'éveil des thérapies manuelles ne se fait pas sans chamboulements. Nous commençons à peine de réaliser que ce que l'on traite est complexe et difficilement identifiable<sup>(28,29)</sup>, que nous devons également constater l'urgence d'actualiser nos modèles de processus décisionnels pour identifier les troubles que nous pensons traiter.<sup>(30)</sup>

Empiriquement, les tests de mobilité et de position prennent une place importante en thérapie manuelle sans pour autant que nous puissions réellement justifier leur place. Le recours à ces tests pour identifier la présence ou l'absence d'une affection en utilisant une approche dichotomique (c.-à-d. test positif ou négatif) est dépassé<sup>(28)</sup>. Vu les multiples tentatives vaines de soutenir la fiabilité de nos tests, il reste peu de perspectives d'ouverture, ce qui met à mal nos professions. Contextualiser nos tests à la lumière des connaissances actuelles devient alors essentiel. Notre réflexion peut s'appuyer sur les acquis méthodologiques des autres disciplines pour nous aider à mieux identifier ce que l'on teste, comment, pourquoi et quand. Les études de fiabilité pourraient alors se concentrer sur des modèles plus complexes et plus proches de la pratique avancée. Comprendre l'essence de nos méthodes d'évaluation pourrait aider à justifier les approches manuelles de demain.

Landis & Koch <sup>(26)</sup>		Fleiss <sup>(27)</sup>	
Valeur de	Sens	Valeur de	Sens
0.81 – 1	Presque parfaite	0.76 – 1	Excellente
0.61 – 0.8	Substantielle	0.4 – 0.75	Acceptable à bon
0.41 – 0.6	Modérée	0 – 0.39	Faible
0.21 – 0.4	Acceptable		
0.01 – 0.2	Faible		
≤ 0	Absente		

› Tableau 2 : interprétation qualitative de l'indice de Kappa

## Limitations

La fiabilité en psychométrie n'est pas une science exacte. Elle souffre principalement du fait que, pour l'évaluer, on doit répéter plusieurs fois les mêmes tests. Or la répétition est une source d'erreur et modifie les résultats du test (ex. assouplissement, inflammation, apprentissage, fatigue). On se voit donc forcé d'admettre que les mesures de fiabilité sont des estimations et non pas des valeurs précises.

La fiabilité se limite à évaluer la précision et la stabilité d'une mesure, mais n'informe nullement si cette mesure correspond réellement à ce que l'on cherche. La validité de nos mesures est donc un défi supplémentaire qui reste à surmonter.

L'étude de la fiabilité ne permet pas d'identifier de nouveaux modèles à explorer; elle permet simplement d'identifier ceux auxquels on devrait arrêter de se fier. L'étude de la fiabilité nécessite donc une exploration préalable plus approfondie. Mieux comprendre les différentes dimensions que le praticien en thérapie manuelle perçoit et interprète lors des tests peut servir pour mieux développer les futurs instruments.

## Conclusions

La fiabilité est une composante importante des tests pour nous permettre de nuancer leurs résultats dans notre processus décisionnel. Aujourd'hui, l'enseignement des tests en thérapie manuelle peut difficilement se passer d'une explication documentée de leurs limites. Comprendre la méthodologie liée à la fiabilité permet donc non seulement de mieux explorer notre futur mais également de mieux intégrer notre passé. La richesse de l'approche manuelle pourrait venir de la subjectivité actuelle de nos tests. Il est fort probable que ce que l'on perçoit comme étant des erreurs de mesure aujourd'hui devienne la base pour expliquer la diversité, les nuances et la source de précision des interprétations possibles de nos tests. A nous d'éclairer ceci pour mieux préparer les praticiens de demain.

## Implications pour la pratique

- La fiabilité se traduit par le degré de confiance que l'on peut accorder au résultat d'un test.
- La fiabilité absolue correspond à la stabilité ou à la précision d'une mesure, alors que la fiabilité relative correspond à l'utilité d'un test pour identifier des différences dans une population donnée.
- Plus une atteinte est rare, plus il est important de recourir à un test ayant une haute fiabilité pour la détecter.

## Contact

Paul Vaucher  
paul.vaucher@hes-so.ch

## Quiz (testez vos connaissances)

Pour chacune des cinq questions suivantes, choisissez la réponse qui vous paraît la plus juste.

### 1. La fiabilité relative permet de

- savoir si l'on peut différencier des personnes dans un groupe.
- quantifier la magnitude des erreurs de mesure.
- déterminer si l'on détecte bien ce que l'on cherche.
- connaître la précision et la stabilité d'une mesure.
- s'assurer qu'un test est reproductible dans toutes les circonstances.

### 2. L'indice de kappa mesure

- la proportion de fois où plusieurs examinateurs s'entendent sur leur résultats.
- la fiabilité relative d'une mesure continue.
- la probabilité de s'entendre sur un résultat au-delà de la chance.
- la cohérence interne entre les composantes d'un test.
- la part d'incertitude liée à un test.

### 3. La puissance d'une étude mesurant la fiabilité relative d'un test ne dépend pas

- du nombre d'observateurs.
- du nombre de sujets observés.
- du nombre d'observations par sujet.
- de la validité du test.
- de l'hétérogénéité des réponses.

### 4. La vraie mesure

- est associée à une erreur qui est stable.
- est dépendante des circonstances dans laquelle on la prend.
- est influençable par la fatigue ou le manque de concentration.
- est estimée par l'erreur type de la mesure.
- est exempte d'imprécision.

### 5. Pour combiner plusieurs tests en une seule mesure, il faut

- que chaque item soit lui-même très fiable.
- vérifier leur cohérence interne.
- que chaque item mesure exactement la même chose.
- qu'il y ait autant de dimensions à étudier que de nombre d'item.
- Préalablement s'assurer que chaque item repose sur la même échelle.

1. A; 2. C; 3. D; 4. E; 5. B



## Références

1. Vaucher P. Questioning the rationality of clinical osteopathic tests : future perspectives for research. *Mains Libres*. 2016;33(1):33-37.
2. Bae JM. The clinical decision analysis using decision tree. *Epidemiol Health*. 2014;36:e2014025.
3. Soltani A, Moayyeri A. Deterministic versus evidence-based attitude towards clinical diagnosis. *J Eval Clin Pract*. 2007;13(4):533-537.
4. Mahr G. Narrative medicine and decision-making capacity. *J Eval Clin Pract*. 2015;21(3):503-507.
5. Minutolo A, Esposito M, De Pietro G. A fuzzy framework for encoding uncertainty in clinical decision-making. *Knowledge-Based Systems*. 2016;98:95-116.
6. Nyberg RE, Russell Smith A, Jr. The science of spinal motion palpation: a review and update with implications for assessment and intervention. *J Man Manip Ther*. 2013;21(3):160-167.
7. Haneline MT, Young M. A Review of Intraexaminer and Interexaminer Reliability of Static Spinal Palpation: A Literature Synthesis. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2009;32(5):379-386.
8. Sommerfeld P, Kaider A, Klein P. Inter- and intraexaminer reliability in palpation of the "primary respiratory mechanism" within the "cranial concept". *Manual Therapy*. 2004;9(1):22-29.
9. Brennan RL. Generalizability Theory and Classical Test Theory. *Applied Measurement in Education*. 2010;24(1):1-21.
10. Raykov T, Marcoulides GA. On the Relationship Between Classical Test Theory and Item Response Theory. *Educational and Psychological Measurement*. 2016;76(2):325-338.
11. Eliasziw M, Young SL, Woodbury MG, Fryday-Field K. Statistical methodology for the concurrent assessment of interrater and intrarater reliability: using goniometric measurements as an example. *Phys Ther*. 1994;74(8):777-788.
12. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2005;19(1):231-240.
13. Moran RW, Gibbons P. Intraexaminer and interexaminer reliability for palpation of the cranial rhythmic impulse at the head and sacrum. *JMPT*. 2001;24(3):183-190.
14. Plaszewski M, Bettany-Saltikov J. Are current scoliosis school screening recommendations evidence-based and up to date? A best evidence synthesis umbrella review. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2014;23(12):2572-2585.
15. Dinnar U, Beal M, Goodridge J, et al. Classification of diagnostic tests used with osteopathic manipulation. *JAOA*. 1980;79(7):451-451.
16. Stiell IG, Greenberg GH, McKnight RD, Nair RC, McDowell I, Worthington JR. A study to develop clinical decision rules for the use of radiography in acute ankle injuries. *Annals of emergency medicine*. 1992;21(4):384-390.
17. Stiell IG, McKnight RD, Greenberg GH, et al. Implementation of the Ottawa ankle rules. *JAMA : the journal of the American Medical Association*. 1994;271(11):827-832.
18. Ware JE, Jr., Kosinski M, Keller SD. A 12-Item Short-Form Health Survey: Construction of Scales and Preliminary Tests of Reliability and Validity. *Medical Care*. 1996;34(3):220-233.
19. Wright BD, Mok MM. An overview of the family of Rasch measurement models. In: Smith EV, Smith RM. *Introduction to Rasch measurement*. Maple Grove: Journal of Applied Measurement press. 2004
20. Sedgwick P. Limits of agreement (Bland-Altman method). *BMJ : British Medical Journal*. 2013;346.
21. Chmura Kraemer H, Periyakoil VS, Noda A. Kappa coefficients in medical research. *Statistics in Medicine*. 2002;21(14):2109-2129.
22. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin*. 1979;86(2):420-428.
23. Sim J, Wright CC. The kappa statistic in reliability studies: use, interpretation, and sample size requirements. *Physical Therapy*. 2005;85(3):257-268.
24. Zou GY. Sample size formulas for estimating intraclass correlation coefficients with precision and assurance. *Stat Med*. 2012;31(29):3972-3981.
25. Shoukri MM, Asyali MH, Donner A. Sample size requirements for the design of reliability study: review and new results. *Statistical Methods in Medical Research*. 2004;13(4):251-271.
26. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977:159-174.
27. Fleiss JL, Levin B, Paik MC. *Statistical methods for rates and proportions*. Third ed. New Jersey: John Wiley & Sons; 2003.
28. Fryer G. Somatic dysfunction: An osteopathic conundrum. *Int J Ost Med*. 2016;22:52-63.
29. Penney JN. The Biopsychosocial model: Redefining osteopathic philosophy? *Int J Ost Med*. 2013;16(1):33-37.
30. Thomson OP, Petty NJ, Moore AP. Clinical reasoning in osteopathy – More than just principles? *Int J Ost Med*. 2011;14(2):71-76.

- 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

# » Agenda

Manifestations, cours, congrès entre le 25 juin et le 15 septembre

Date et lieu	Manifestation	Organisation	Intervenant	Inscription
8, 9 septembre, Hôpital de Chamblon, Yverdon-les-Bains	<b>Discopathies cervicales</b>	Association Suisse des Physiothérapeutes Indépendants (ASPI)	<b>Denis MAILLARD</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>
15 septembre	<b>Chirurgie de l'épaule en direct et commentée et rééducation post-opératoire</b>	Mains Libres Formations	<b>Dr Steve BRENN (Lausanne) Frédéric SROUR (Paris)</b>	<a href="http://www.mainslibres.ch/formation">http://www.mainslibres.ch/formation</a>
22, 23, 24 septembre, Hôpital de Chamblon, Yverdon-les-Bains	<b>Maux de têtes d'origine cervicale: évaluations et traitements</b>	Association Suisse des Physiothérapeutes Indépendants (ASPI)	<b>Elaine MAHEU (Canada)</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>	Orthokinésie international academy	<b>Christophe OTTE</b>	secretariat@orthokinesie.com ou <a href="http://www.orthokinesie.com">www.orthokinesie.com</a>
6 octobre Salle Cacib, Lausanne, Renens	<b>Evaluation et réduction de la cheville instable: actualisation scientifique et pratique</b>	Myolux	<b>Brice PICOT Romain TERRIER (France)</b>	contact@iccphysio.com ou (+33)4 79 25 71 00
9, 10, 11 novembre 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, 18 novembre Salle Cacib, Lausanne/Renens	<b>Rééducation de l'épaule en chaîne fermée: concept 3C (Centering in a Closed Chain)</b>	Mains Libres Formations	<b>Thierry STEVENOT (Charleville-Mézières, F)</b>	<a href="http://www.mainslibres.ch/formation">http://www.mainslibres.ch/formation</a>



## 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

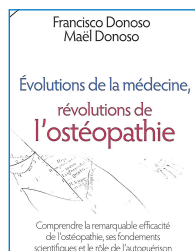
Tél. 021 651 33 00 Fax. 021 651 33 01

[contact@fiduciaire-favre.ch](mailto:contact@fiduciaire-favre.ch)  
[www.fiduciaire-favre.ch](http://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



# » Lu pour vous !



## Évolutions de la médecine, révolutions de l'ostéopathie

**Francisco DONOSO, Maël DONOSO**

Erdition Favre SA, Lausanne, 2016, 192 pages

ISBN : 978-2-8289-1591-9

A travers cet ouvrage les auteurs tentent d'affirmer leur attachement à une « médecine manuelle » efficace, moderne et humaniste, capable de rejoindre la médecine officielle, chimique, par la grande porte...

Au fil d'une évocation croisée entre une histoire de la médecine axée sur une approche médicamenteuse, sur l'evidence based medicine et sur une hyperspécialisation, ce livre oppose une ostéopathie basée sur des techniques manuelles d'une part et, d'autre part, sur les effets des aspects relationnels de cette prise en charge.

A travers une approche globale du corps humain, un examen clinique rigoureux et la grande diversité de ses indications, l'ostéopathie devrait avoir tous les atouts pour s'imposer comme une médecine manuelle opposable à la médecine allopathique dans les pathologies fonctionnelles.

Entre une évolution de la médecine vers des technologies de pointe et une prééminence grandissante du big data et de l'intelligence artificielle, la médecine semble se déshumaniser. Mais comment l'ostéopathie peut-elle intégrer la médecine officielle si elle n'est pas capable de répondre par une évaluation scientifique de ses pratiques? – Si les études scientifiques en double aveugle, voire même en simple aveugle sont tout simplement impensable, il convient d'opposer un autre paradigme à l'évaluation scientifique en ostéopathie.

Tout d'abord, et ce n'est pas le moindre des écueils, il faut surmonter, chez de nombreux ostéopathes, les réminiscences de croyances anciennes et obsolètes concernant la physiologie humaines et les préceptes surannés du « père » fondateur.

L'ostéopathe peut être vu comme un « médicament » à géométrie variable capable d'adapter en continu ses gestes, ses objectifs et décisions thérapeutiques aux réactions du patient qu'il traite.

Dans cet ouvrage, les auteurs défendent une approche novatrice dans la réflexion scientifique.

Ils proposent notamment d'investiguer et de confronter les capacités du corps humain à l'autoguérison et la recherche en ostéopathie devrait viser des niveaux plus élevés que dans les études cliniques traditionnelles et se concentrer sur:

- 1) Une approche « data driven » basée sur la compilation d'une base de données importante.
- 2) Une innovation dans l'expérimentation des effets techniques et relationnels
- 3) Une approche expérimentale globale qui aborde la complexité des patients par des mesures plus nombreuses et plus détaillées.

Par cette forme d'investigation, l'ostéopathie pourra affirmer sa « révolution » scientifique et mettre aux oubliettes les visions « ostéopathesques » qui ont encore trop cours dans les alcôves des cabinets d'ostéopathie.

(Yves Larequi, Lausanne)

### Les auteurs :

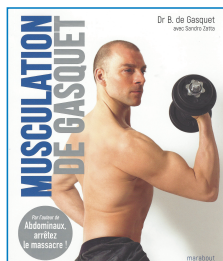


**Francisco Donoso** est diplômé de l'Ecole Suisse d'Ostéopathie. Engagé pour une ostéopathie efficace, humaniste et scientifique, il est aussi directeur de la Permanence Ostéopathique de Lausanne et fondateur du Dispensaire Ostéopathique au sein de la fondation Point d'Eau Lausanne. Cette fondation a pour but d'accueillir des personnes démunies ou défavorisées, sans distinction d'âge, de nationalité, de religion, de sexe, ou de statut légal en Suisse et de leur fournir des prestations dans les domaines de l'hygiène et de la santé notamment.

**Maël Donoso** est docteur en neurosciences de l'Université Pierre et Marie Curie. Il a réalisé des recherches sur les fondements cérébraux du raisonnement, de la décision et de l'apprentissage à l'Ecole Normale Supérieure (Paris).



# Lu pour vous !



## MUSCULATION

**Bernadette de GASQUET, avec Sandro ZATTA.**

Editions Marabout, 2016

ISBN: 978-2-501-11210-9

Thème traité: La musculation de tous les groupes musculaires selon leur localisation par la méthode de *Gasquet* connue sous le sigle APOR (Approche globale POSTuro-Respiratoire), à savoir autograndissement, engagement du périnée et bonne respiration.

Matériel utilisé: libre ou avec chaise (que le Dr de *Gasquet* a déjà traité dans un livre très complet sur son utilisation), swiss ball, petit ballon, médecine ball, haltères, barres, kettle bell (poids avec poignée), élastiques, ceintures élastiques, sangles, disques. Toutes les informations sur leur choix et leur utilisation sont complètes.

La progression des exercices est exprimée par géographie corporelle, haut du corps, centre du corps et bas du corps, et se termine par des postures et étirements.

Les illustrations sont claires, explicites, annexées à des conseils de sécurité ou à ce qu'il ne faut pas faire. Les 150 photos montrent des exercices bien connus et triés pour mettre en valeur la méthode, très bien expliquée en préambule en s'appuyant sur des dessins anatomiques.

Les exercices sont simples et adaptés pour un travail à domicile compte tenu des mises en garde de la bonne posture à chaque illustration.

Si ce livre s'adresse à des particuliers, il leur suffira de le suivre. Par contre, il n'est jamais évoqué de pathologie. Chacun est donc libre de faire le choix qui lui convient en fonction de ses attentes et de son corps. Certains exercices semblent difficiles, surtout avec le Kettle bell, et pourraient ne pas s'adapter à tout le monde. Connaissance de son corps et de ses possibilités obligatoire.

Si ce livre s'adresse à des professionnels ou des étudiants, il est bien fait, succinct, clair. Il permet de pouvoir conseiller et surtout de pouvoir montrer aux patients, par les illustrations, ce qu'on attend d'eux, ce qu'ils doivent faire ou ne pas faire, ou ce à quoi ils doivent faire attention. Concernant ce qui

précède, il permet aussi de pouvoir sélectionner les exercices appropriés à la pathologie concernée.

En conclusion, un bon livre pour tous ceux qui connaissent: soit ceux qui connaissent leur corps et savent l'appivoiser, soit les professionnels qui connaissent l'anatomie et leurs patients. Mais, comme tout livre en libre accès, seul un professionnel peut, après bilan complet et bien fait de la personne, lui conseiller des exercices et la façon optimale de les exécuter. Attention, comme l'automédication, l'automusculation mal faite peut être néfaste et ne pas produire les effets désirés.

(Claude GASTON, *Physiothérapeute, Villars sur Glâne*)

### L'auteur :

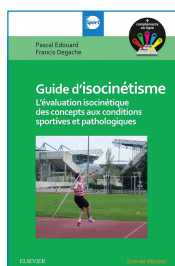


**Bernadette DE GASQUET:** Médecin, maman et professeur de yoga, le Dr Bernadette de Gasquet associe dans son travail l'approche corporelle, les savoirs traditionnels et la médecine moderne. Elle est l'auteure notamment de « Abdominaux, arrêtez le massacre ! » et « Périnée, arrêtons le massacre ! »

La méthode de *Bernadette de Gasquet*® a des applications non seulement dans la pratique du yoga, dans la maternité, mais dans le travail des abdominaux, la protection du dos, du périnée, la relaxation, la respiration, les problèmes de transit et concerne tous les âges de la vie.

Connue à travers ses livres et la presse grand public, *Bernadette de Gasquet* fait aussi école auprès des professionnels de la santé et du sport. Pour en savoir plus [www.degasquet.com](http://www.degasquet.com)

## Guide d'isocinétisme: L'évaluation isocinétique des concepts aux conditions sportives et pathologiques:



**Pascal EDOUARD, Francis DEGACHE**

Avec la contribution de François Fourchet, rédacteur de Mains Libres.

Elsevier Health Sciences France; 2016.

ISBN : 978-2-294-74591-1

Depuis son apparition en Europe dans les années 80, la rééducation isocinétique a connu des fortunes diverses. Un certain désenchantement avait fait suite à l'engouement initial qu'avait suscité l'apparition de cette approche objective d'évaluation et de rééducation de la force musculaire.

Les données scientifiques sur l'isocinétisme se sont considérablement enrichies durant les dernières décennies. Les intérêts et limites de cette méthode sont désormais bien établies. Le « Guide de l'isocinétisme » se propose de faire un état des connaissances actuelles à ce sujet.

Le livre revient tout d'abord sur les notions fondamentales de l'évaluation isocinétique, et les modalités générales de l'évaluation musculaire. Par la suite, les chapitres abordent les applications aux diverses régions du corps et aux pathologies pour lesquelles l'isocinétisme présente un intérêt.

Chaque chapitre est précisément référencé, et assorti de graphiques, tableaux et illustrations qui étayent adéquatement les propos des auteurs. Des encadrés mettent en évidence les points centraux à prendre en considération dans la réflexion et dans l'application.

Au final, le « Guide de l'isocinétisme » constitue une synthèse actuelle et bien documentée, qui parvient à trouver le juste équilibre entre les fondements scientifiques et l'approche pratique.

(Claude Pichonnaz, Lausanne)

### Les auteurs :



**Francis Degache**, professeur associé à la Haute Ecole de Santé Vaud (HESAV) de Lausanne (Suisse), docteur de l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne (Motricité humaine et Handicap), chercheur associé du Groupe de Recherche de l'Institut des Sciences du Sport de l'Université de Lausanne (GRISUL), Suisse.

**Pascal Edouard**, maître de conférence des universités et praticien hospitalier, médecin du sport et médecin de médecine physique et réadaptation, responsable de l'unité de Médecine du sport du service de Physiologie clinique et de l'exercice à l'hôpital Nord du CHU de Saint-Etienne, membre du Laboratoire inter-universitaire de biologie de la motricité (EA7424 – LIBM) de l'université de Lyon et université Jean-Monnet de Saint-Etienne, France.

**epitact<sup>®</sup> SPORT**  
**REINVENTÉ  
L'ORTHOPÉDIE**



## ■ GENOUILÈRE 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)

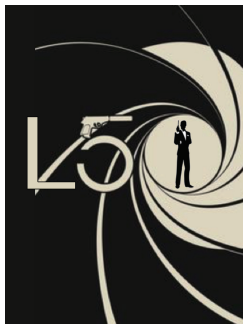
*C. Q. F. D. est une rubrique interactive au sein de Mains Libres. Voici le 4<sup>e</sup> épisode d'une «historiette». Il s'agit de la vie et des vicissitudes de la vertèbre L5, qui est le personnage principal de cette histoire à épisodes.*

*Nous vous donnons la parole, pardon la plume, afin que vous poursuiviez cette histoire avec un nouvel épisode, puis un autre et encore un autre au fil des publications de Mains Libres. L'objectif est de renseigner Monsieur ou Madame Tout-le-Monde sur les contraintes mécaniques de cette vertèbre et ses conséquences sur son «propriétaire».*

*Les épisodes successifs pourront faire l'objet d'une publication collective amusante, mais informative et didactique.*

*Alors, à vos plumes et nous attendons VOTRE prochain épisode...*

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



## On m'appelle « 5 »..., « L5 » (5)

**Yves LAREQUI**

Rédacteur en chef  
(Lausanne)

### L5 et le sexe...

Comme je vous l'avais mentionné dans un précédent épisode, « Il » est célibataire, mais du haut de ses 45 ans les efforts physiques ont toujours de la place dans « Sa » vie. Lorsque je parle d'efforts physiques, il y a bien sûr ceux qu'« Il » effectue au fitness (voir ML N° 4-2016) sous la houlette de « Coach », mais il y a aussi les efforts physiques lors de rencontres humaines (ainsi peut-on qualifier « Ses » ébats nocturnes).

« Il » a bien eu une compagne pendant une dizaine d'années; leur relation était faite de complicité plutôt que de réel amour, mais chacun désirant garder son indépendance, ils ne vivaient pas ensemble. Puis, une fois n'est pas coutume, c'est elle qui est partie pour un plus jeune que « lui ».

Alors, à 45 ans, ce ne sont plus les Chevauchées Fantastiques de « Ses » vingt ans ou les conquêtes de « Sa » trentaine flamboyante. Certes « Il » a un certain charme, mais

à l'instar du chômeur de 50 ans qui peine à retrouver du travail, « Il » a de la difficulté à installer une relation durable avec une femme.

« Il » a bien essayé de nouer une rencontre humaine avec « Coach ». Il faut dire qu'elle a du charme et qu'elle s'occupe de « Lui » de manière attentionnée lors de « Ses » séances de fitness. Là, « Il » a essayé un râteau; bon, ce n'était pas un râteau héroïque, mais plutôt un râteau romantique (qu'« Il » rumine en musique, mais en rythme au fitness). Toujours est-il que, comme le dit la chanson de Bénabar, les râteaux, « ça tanne le cuir des séducteurs » !

« Il » a aussi essayé les discothèques, mais « Il » a vite compris que les gaminettes ont plutôt tendance à se trémousser seules ou entre elles; et de toute façon avec une musique à vous faire péter les tympans, qu'il n'y a guère de possibilité de se parler. Pourtant, j'aimais bien quand « Il » dansait, car cela me faisait bouger entre mes airbags, un peu comme au fitness.

Ce jour-là, « Ils » s'étaient rencontrés lors d'une exposition de peinture qui se tenait dans la ville d'Octodure. « Ils » étaient tous les deux en admiration devant le fameux tableau de Claude Monet, « *Impression, soleil levant* » ; « Ils » ont échangé quelques mots, puis, presque naturellement, « Ils » ont continué la visite de l'exposition ensemble... La magie a fait le reste.

Pour moi, ce n'était pas vraiment une après-midi agréable. Lorsqu'« Il » reste debout longtemps, je me sens comprimée entre mes airbags et mes amis les muscles commencent à se tendre de plus en plus, une certaine raideur m'envahit et j'ai craint qu'il ne se passe à nouveau un événement dramatique qu'« Il » appelle « Lumbago ». Heureusement, rien de semblable ne s'est passé.

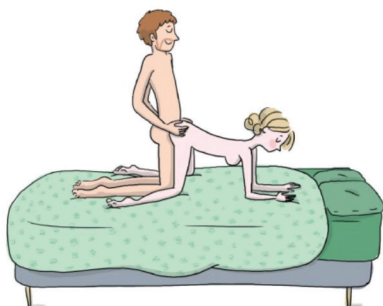


« Ils » ont terminé la journée ensemble, puis, après un bon repas, « Ils » se sont retrouvés chez elle (elle était célibataire, elle aussi). Et puis, ce qui devait arriver, arriva.

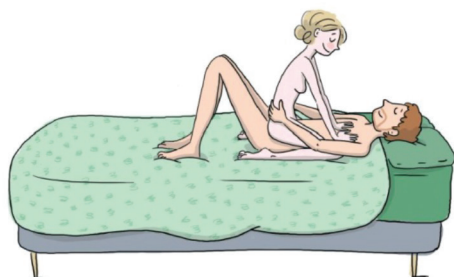
Leurs ébats ont duré une bonne partie de la nuit. Oh, « Ils » n'ont pas passé en revue le Kama-Sutra ! Heureusement, car il existe des acrobaties que j'aurais mal supportées. Non, « Ils » se sont contentés de positions classiques qui sont beaucoup moins contraignantes pour moi et mes airbags :



Les cuillères



La levrette



L'amazone



Le missionnaire

C'est vrai que parfois, la vitesse de « Ses » mouvements étaient pénibles pour moi, mes airbags et surtout pour mes copains les muscles qui étaient le moteur de ces mouvements de va et vient en flexion/extension incessants. Heureusement pour eux, « Ils » ne s'activaient pas toujours à la même cadence avec des accélérations, des ralentissements, puis même, des pauses bienfaites avant de reprendre leur labeur.

Une fois, « Leur » plaisir a jailli au même moment avec une très grande intensité. Là, c'était franchement pénible pour moi, car tous mes copains, les muscles, m'ont complètement coincé pendant quelques secondes. Leur contraction a été tellement intense que je ne pouvais plus bouger d'un millimètre ! Je pense que « Eux » aussi ont dû avoir des douleurs, car « Ils » ont crié si fort... !

Ensuite, « Ils » se sont reposés un peu, puis ont recommencé plusieurs fois. Enfin, « Lui », moi et elle, nous nous sommes endormis. Mais le lendemain « Ils » ont recommencé et « Ils » ont même décidé de faire un bout de chemin ensemble...

Pour en savoir plus afin de m'épargner dans cette activité humaine, je vous propose de consulter :

- « Human sex from the inside out » sur le site : <https://www.newscientist.com/article/dn17662-human-sex-from-the-inside-out/>

Dans cette vidéo étonnante, bien que je n'en sois pas le personnage principal, vous pourrez m'apercevoir en action.

- « Même pas mal ! Le guide des bons gestes et des bonnes postures », un livre amusant mais instructif écrit par *Fédéric Srouf*, un kinésithérapeute français qui, finalement, a de la considération pour moi et mes sœurs du dessus et dessiné par *Emmanuelle Teyras* qui a un joli coup de crayon.

Merci à eux ainsi qu'à leur éditeur, *First Edition*, qui nous ont autorisés à reproduire les illustrations de cette petite histoire.

- Et puis, un article scientifique : « Male Spine Motion During Coitus, Implications for the Low Back Pain Patient » par *Natalie Sidorkewicz* et *Stuart M. McGill* du Département de kinésiologie de l'Université de Waterloo, Ontario, Canada. Je me demande s'ils n'ont pas tout testé pour écrire cet article...

# « COMPRENDRE LA THÉORIE, MAÎTRISER LA PRATIQUE... »



Sous le titre « comprendre la théorie, maîtriser la pratique... », *Mains Libres* entend orienter ses formations continues vers l'indissociable compréhension des concepts présentés et une pratique maîtrisée, efficace, sûre et sans effets secondaires par des enseignants de grande qualité, reconnus notamment au sein des domaines de la physiothérapie, de l'ostéopathie et des thérapies manuelles.

Vous trouverez les 3 cours 2017 organisés par *Mains Libres*. Nous vous rendons attentif au cours de « live surgery » et rééducation de l'épaule opérée qui constitue une première en Suisse romande et qui vous permettra d'entrer au cœur de l'épaule pendant une intervention chirurgicale de la CDR. Vous trouverez aussi un 4<sup>e</sup> cours organisé par *Myolux* sur de nouveaux concepts de rééducation de la cheville. *Mains Libres Formations* collabore à ce cours au plan logistique, mais n'a aucun conflit d'intérêt avec *Myolux*.

## PROGRAMME DE FORMATION CONTINUE « MAINS LIBRES » 2017



### CHIRURGIE DE L'ÉPAULE EN DIRECT (« LIVE SURGERY ») ET COMMENTÉE, RÉÉDUCATION POST-OPÉATOIRE

**Intervenants:** **Dr Steve BRENN** (Lausanne), **Frédéric SROUR** (France)

Dates: **15 septembre 2017**

Lieu: Clinique Bois-Cerf (Lausanne)

Prix: à définir

Thème: Présentation en direct (« Live surgery ») d'une intervention chirurgicale de l'épaule (CDR et/ou PTE), commentée par le chirurgien en cours d'intervention. Les participants entreront au cœur de l'épaule et pourront poser des questions à l'opérateur en direct.

- Protocole(s) de rééducation
- Les différentes phases de la rééducation post-opératoire
- Ré-athlétisation en phase différée.

Public-cible: Physiothérapeutes



### THÉRAPIE MANUELLE DU RACHIS CERVICAL, CERVICO-THORACIQUE ET DE LA CEINTURE SCAPULAIRE

**Intervenant:** **Dr Benjamin HIDALGO**, PE, PT, OMT, DO, PhD (Belgique)

Dates: **9, 10, 11 novembre 2017**

Lieu: Salle Cacib (Lausanne Renens)

Prix: 690.– CHF

Thème: Thérapie manuelle du rachis cervical et cervicothoracique

- Interdépendances régionales avec l'épaule, essentiellement sur l'axio-scapulaire (scapulothoracique, acromion-claviculaire, sterno-claviculaire) et la glénohumérale.

Public-cible: Physiothérapeutes, physiothérapeutes-ostéopathes, ostéopathes, médecins



## RÉÉDUCATION DE L'ÉPAULE EN CHAÎNE FERMÉE : CONCEPT 3C (Centering in a Closed Chain)

**Intervenant: Thierry Stevenot** (France)

Dates: **17 & 18 novembre 2017**

Lieu: Salle Cacib (Lausanne Renens)

Prix: 490.– CHF

Thème: Présentation et pratique de la rééducation de l'épaule selon le concept 3C; examen et tests spécifiques; pratique des manœuvres de correction adaptées; évaluation des résultats; travail avec patient(s) et présentation de la technique instrumentale (Scapuleo).

Public-cible: Physiothérapeutes, physiothérapeutes-ostéopathes, médecins

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

Organisation : Mains Libres Formations

## PROGRAMME DE FORMATION CONTINUE « Myolux » 2017



### EVALUATION ET RÉÉDUCATION DE LA CHEVILLE INSTABLE: ACTUALISATION SCIENTIFIQUE ET PRATIQUE

**Intervenants: Brice Picot**, physiothérapeute du sport, Master 2 Recherche en contrôle moteur, Service médical des équipes de France de Handball

**Romain Terrier**, docteur en STAPS (contrôle moteur), chercheur associé au Laboratoire Interuniversitaire de Biologie de la Motricité, Université Savoie Mont-Blanc

Date: **6 octobre 2017**

Lieu: Lieu : Salle Cacib (Lausanne Renens)

Prix: 250.– CHF

Thème: Il s'agit ici d'interroger la pertinence de tests fonctionnels et de techniques de rééducation de la cheville instable au regard de la littérature scientifique et d'en tirer des conséquences pratiques concrètes, adapté à la pratique clinique quotidienne. Par exemple, nombre d'idées reçues relatives aux concepts de stimulation proprioceptive de la cheville et d'évaluation/renforcement des éverseurs seront bousculées de manière argumentée. Cette formation a été construite dans le but de proposer des alternatives validées avec une alternance équilibrée de phases théoriques et pratiques.

Public-cible: Physiothérapeutes, physiothérapeutes-ostéopathes, médecins





MANUMED OPTIMAL 245



à partir de CHF 3'380.<sup>00</sup>



N'RUN 304



à partir de CHF 3'650.<sup>00</sup>

N'GO 304



à partir de CHF 2'790.<sup>00</sup>



EPSILON CARE



à partir de CHF 2'450.<sup>00</sup>

Tous les prix hors TVA de 8 %.

Vous trouvez toute la gamme sur

[WWW.MTR-AG.CH](http://WWW.MTR-AG.CH)

## LE SPÉCIALISTE POUR LES LITS DE TRAITEMENT

Chez nous vous trouvez des lits de traitement de design et qualité pour chaque thérapie, chaque goût et chaque budget!

Vente et conseils dans la Romandie  
Tel. 079 549 08 55

**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