



Plate-forme de vibration : efficacité ou science-fiction ?

Rev Med Suisse 2008 ; 4 : 1712-6

B. Gojanovic
G. Gremion
B. Waeber

Drs Boris Gojanovic et Gérald Gremion
Service de médecine du sport
Département de l'appareil locomoteur
Pr Bernard Waeber
Division de physiopathologie clinique
Département de médecine interne
CHUV, 1011 Lausanne
boris.gojanovic@chuv.ch
gerald.gremion@chuv.ch
bernard.waeber@chuv.ch

Whole-body vibration training : fact or fiction ?

Vibration platforms are a new type of fitness equipment promoted for multiples effortless benefits, encompassing muscle strengthening to cosmetic effects, in a minimum of time. Beyond its trendy aspects, positive effects have been observed on strength, body balance and bone mineral density in aged home residents or post-menopausal women. Only minimal or no effects have been found in young sedentaries or athletes. The diversity of vibration settings and modes render the establishment of guidelines for their optimal use difficult. Contraindications are multiple but relative. Sports including vibrations might benefit, or for the sake of proprioceptive rehabilitation. Obese and limited-mobility persons are for the time being the most adequate target population for their use.

Les plaques vibrantes sont un nouveau type d'appareils de fitness promus pour leurs vertus allant du renforcement musculaire aux effets cosmétiques, en un minimum de temps et sans effort. Outre le phénomène de mode, on a pu observer un effet positif sur la force, l'équilibre et la densité osseuse de personnes âgées à mobilité réduite ou de femmes ménopausées. Les effets chez les jeunes sédentaires ou sportifs semblent minimaux ou inexistants. La variété des paramètres des machines et protocoles utilisés rend l'établissement de recommandations d'utilisation optimales difficiles. Les contre-indications sont larges mais relatives. Les sports impliquant des vibrations pourraient en bénéficier, de même que la r education proprioceptive. Les personnes obèses ou à mobilité réduite constituent pour l'instant les meilleures cibles.

INTRODUCTION

Avez-vous déjà entendu parler des appareils de renforcement et de développement du bien-être dérivés de l'entraînement des cosmonautes russes ? Quinze minutes d'entraînement trois fois/semaine suffiraient   façonner un corps de magazine de mode, sans réel effort puisque la machine travaille pour vous... Les prétentions des fabricants et des centres de bien-être sont bien entendues à prendre avec des pincettes, mais avant de les rejeter, passons en revue ce que l'on en sait réellement.

Premièrement, tout appareil permettant d'améliorer la condition physique est le bienvenu, peu importe si son utilisation relève d'un effet de mode. Nous préférons a priori orienter la population vers une activité traditionnelle (marche, vélo, ou sports plus ludiques tels que tennis, badminton et sports d'équipe). Le fait est que les patients sont curieux de ce nouveau mode d'entraînement, et il est de notre responsabilité de pouvoir les renseigner.

COMMENT  A MARCHE(RAIT) ?

Les machines existantes partent de la même base : un plateau mobile dans différents axes, à différentes fréquences et amplitudes, dont le mouvement va déclencher des contractions musculaires réflexes. Le mécanisme est celui décrit dès 1965 par Hagbarth et dénommé le *Tonic vibration response* (TVR). Un stimulus vibratoire appliqué sur un corps musculaire par son attache tendineuse va déclencher un arc réflexe (fibres afférentes la du fuseau neuromusculaire   come postérieure de la moelle épinière   motoneurone alpha) se terminant par une contraction musculaire (figure 1).^{1,2} Celle-ci utilise des voies efférentes différentes de la contraction volontaire et permet une activation musculaire supplémentaire à celle exercée volontairement. Hagbarth stimulait directement le tendon par une vibration de haute fréquence, ce qui diffère de l'application actuelle. L'idée d'utiliser des vibrations pour améliorer la force n'est pas si nouvelle, mais le développement commercial ne remonte qu'à la fin des années 90.

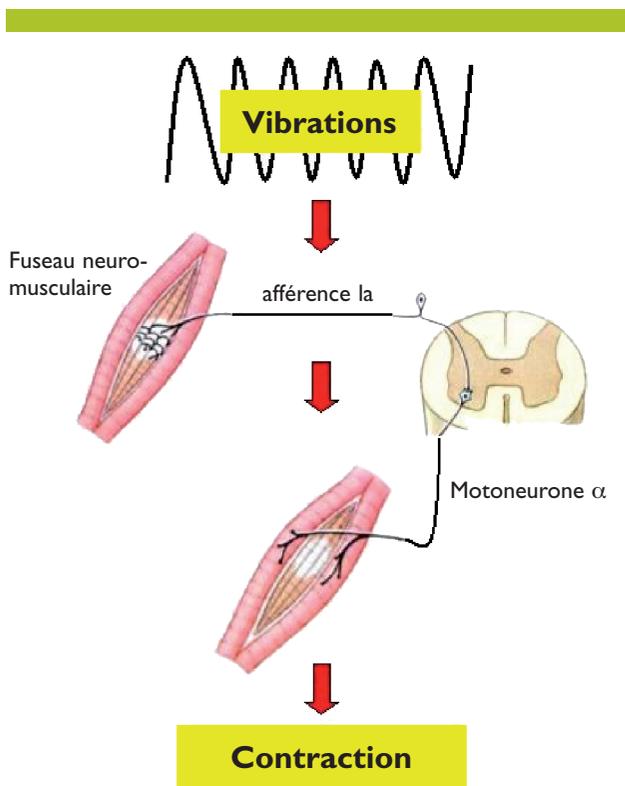


Figure 1. Schéma proposé pour le Tonic vibration reflex (TVR) selon Hagbarth

Les vibrations stimulent les fibres Ia du fuseau neuromusculaire, relayées par la corne postérieure de la moelle épinière vers le motoneurone alpha, pour finir par une contraction du même muscle.

Déjà en 1949, une étude s'intéressait aux bénéfices d'une oscillation corporelle (mouvements imprimés au lit de sujets alités), avec des effets positifs.³ L'utilisation la plus connue est celle des cosmonautes russes, dans le but d'atténuer les effets de l'apesanteur sur le métabolisme musculaire et osseux. Plusieurs programmes spatiaux s'y intéressent encore, au vu des projets de missions vers Mars.

Le stimulus vibratoire n'est pas opposé à ce qui se passe naturellement. Lors de la marche, l'impact au sol génère des vibrations atténuées par les tissus mous, les articulations, les os et l'activité musculaire. De même pour les sports de raquettes qui génèrent des vibrations bien connues des joueurs de tennis, ou encore d'autres activités telles que les sports motorisés, le cyclisme, ou le ski de descente. Les muscles agissent comme protecteurs des tissus en amortissant les vibrations par des contractions.^{4,5} Il reste des inconnues dans les mécanismes précis mis en jeu face aux vibrations transmises par les appareils disponibles dans le commerce.

MAUVAISES VIBRATIONS?

La médecine du travail connaît les effets délétères de l'exposition chronique aux vibrations, classiquement dans les domaines de la construction. Les tracteurs, grues, et autres véhicules sont générateurs de vibrations de faible fréquence, associées à des problèmes de lombalgies, cé-

phalées et troubles nerveux périphériques. Les outils vibrants tenus à la main (marteau-piqueur ou tronçonneuse) sont associés au phénomène de Raynaud secondaire jusqu'à l'ischémie digitale (*white finger syndrome*), aux troubles des tissus mous du membre supérieur (syndrome «main-bras»),⁶ ou encore au syndrome du tunnel carpien. 40 à 90% de ces ouvriers développent un phénomène de Raynaud secondaire, persistant chez 25%, malgré le changement de poste.⁷ Il n'y a pas d'effet dose-réponse clair, mais les symptômes semblent augmenter avec la durée d'exposition.⁸ Les conclusions des organes de protection des travailleurs restent incomplètes, mais il semble légitime de penser que la courte durée d'exposition aux vibrations lors d'une utilisation «sportive» soit dénuée de ces effets secondaires.

Les fabricants indiquent un certain nombre de *contre-indications*, en l'absence de données permettant d'écarter tout soupçon quant au risque éventuel (tableau 1). Elles restent un peu rhétoriques, car si la présence d'une prothèse est en général connue, les lithiases ne le sont pas avant de se manifester! Peu d'effets secondaires ont été observés, quelques sujets rapportant un prurit ou des plaques érythémateuses sur les jambes pendant les vibrations,⁹ et bien sûr des courbatures classiques.

Tableau 1. Contre-indications relatives selon les fabricants à l'utilisation des plaques vibrantes

<ul style="list-style-type: none"> • Prothèses articulaires • Thrombose/TVP • Pacemaker ou autre implant intracardiaque • Epilepsie • Grossesse • Lithiase (rénale ou vésicale) • Stérilet • Arthropathie 	<ul style="list-style-type: none"> • Dicompatie • Inflammation aiguë • Diabète sévère • Plaies postopératoires récentes • Maladies cardiovasculaires • Tumeurs • Problèmes rétiens
---	---

EFFETS INVESTIGUÉS

La littérature est récente et s'étoffe avec l'intérêt grandissant des scientifiques. Une première remarque essentielle concerne les protocoles utilisés qui varient en raison des propriétés des diverses machines : les paramètres de fréquence, de durée d'exposition et d'amplitude de mouvement sont différents et il est impossible d'en dégager un protocole précis. Ainsi, il existe deux systèmes : soit le plateau se déplace verticalement en bloc à amplitude fixe (Powerplate), soit il oscille autour d'un axe central, l'amplitude variant en fonction de l'espacement des pieds par rapport à l'axe (Galileo, Sismo Fitness) (figure 2). Leurs effets respectifs ne sont pas directement comparables.

Force musculaire

Une récente revue systématique a identifié quatorze études de qualité évaluant l'effet sur les membres inférieurs.¹⁰ Neuf sur quatorze montrent un bénéfice mesuré par force isométrique, isocinétique ou hauteur de saut ; huit comprennent des sujets non entraînés ou âgés, principalement des femmes. Bogaerts et coll. montrent après un an d'entraînement de sujets âgés (vibrations ou renforce-

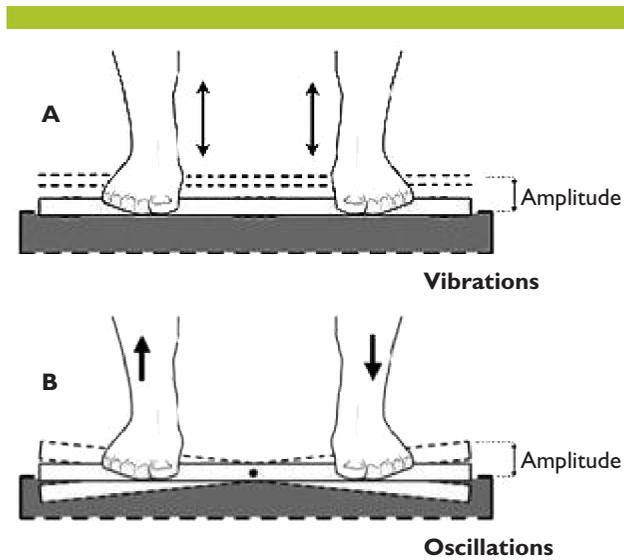


Figure 2. Fonctionnement des plateaux vibrant et oscillant

A. Le plateau vibrant se déplace en entier dans un plan vertical. L'amplitude de mouvement est fixe. **B.** Le plateau oscillant effectue un déplacement vertical alternant, en rotation autour d'un axe central fixe. L'amplitude dépend de la distance des pieds par rapport à l'axe central.

ment standard) un même effet sur la force et sur la masse musculaire de la cuisse.¹¹ Les études négatives concernent des sprinters¹² et des jeunes étudiants actifs (athlètes amateurs).^{13,14} De même, Kvorning et coll. ne trouvent pas d'effet à l'adjonction de vibrations à un programme de musculation chez des jeunes hommes modérément actifs.¹⁵

Rees et coll.¹⁶ décrivent chez des sujets âgés une amélioration de la force des extenseurs et fléchisseurs du genou, similaire si les mêmes exercices sont effectués sans vibrations (squats isométriques et dynamiques), mais par contre un effet différencié sur les fléchisseurs plantaires avec les vibrations seulement. Ces derniers sont plus proches de la source de vibrations et seraient plus impliqués dans leur amortissement, et donc plus stimulés. Ceci est retrouvé chez des jeunes skieurs où seule la flexion plantaire tire un bénéfice supplémentaire de l'adjonction de vibrations.¹⁷

Densité osseuse

Les effets de l'activité physique sur le capital osseux en prévention de la fracture ostéoporotique sont établis, et reposent sur la répétition d'impacts mécaniques sur le squelette ou de vibrations de faible amplitude sur les attaches musculaires. L'activité prépubertaire est primordiale, mais le maintien de la masse osseuse plus tardivement passe par une activité régulière, plutôt intense et intermittente, de façon à varier les stimuli.¹⁸ Les exercices avec vibrations pourraient donc être bénéfiques. Deux études animales ont montré un effet sur l'augmentation ou le maintien de la qualité osseuse.^{19,20}

Chez des femmes ménopausées, une première étude comparant trois groupes pendant six mois (vibrations verticales – Powerplate, musculation ou contrôle, n=70) montre une différence de masse minérale osseuse de la hanche

de 1,51% entre le groupe vibrations et le groupe musculation.²¹ Une seconde étude sur huit mois, avec une plateforme à oscillation (Galileo, rotation autour d'un axe central fixe, n=28), compare l'effet des vibrations avec la marche (1 heure 3 x/semaine).²² la masse osseuse du groupe vibrations augmente de 4,3% au col fémoral. Les autres sites (lombaire et trochanter) ne montrent pas de changement. Une étude similaire chez 56 sujets plus jeunes (19-38 ans) n'a pas montré de changement osseux par les vibrations.²³

Equilibre et risque de chute

Cet aspect a été le mieux étudié, et découle clairement du mécanisme proposé pour l'effet des plaques vibrantes. Le travail proprioceptif est au premier plan. On trouve sept études, dont deux sont négatives: l'une incluait des sujets jeunes (19-38 ans),²⁴ l'autre des sujets plus âgés mais actifs et non institutionnalisés.¹¹ Les cinq restantes s'intéressent à des sujets âgés (minimum 67 ans), en institution, et les résultats sont systématiquement positifs, avec divers *endpoints* corrélés au risque de chute: test de Tinetti et *Timed up&go test*.^{8,25-29}

Perte de poids et lipolyse

L'effet lipolytique a fait l'objet d'une étude, où le taux d'acides gras libres circulants était légèrement augmenté après une séance unique, en parallèle à une élévation des catécholamines.³⁰ Cette étude comprenait huit sujets masculins jeunes. Les auteurs en concluent qu'il est peu probable de générer une lipolyse significative avec ce type d'exercice, notamment en l'absence d'élévation de l'hormone de croissance. Bosco et coll. ont observé sur quatorze athlètes une augmentation significative de l'hormone de croissance, mais sans groupe contrôle,³¹ et sans évaluation de l'effet lipolytique. Plus pratiquement, Roelants et coll. ont entraîné pendant 24 semaines des jeunes femmes inactives (vibrations vs musculation) et n'ont observé aucune perte de poids ou diminution de la masse grasseuse, bien que la force ait augmenté.³² Le même groupe a observé une diminution de la masse grasseuse sans perte de poids chez des femmes de 65 ans en surcharge pondérale, sans différence entre les deux groupes.²¹

Autres effets investigués

Il est intéressant de savoir quelle intensité d'effort est réalisable sur ces plates-formes. Un exercice dynamique continu (demi-squats pendant près de six minutes) jusqu'à épuisement avec un poids supplémentaire de 40% du poids corporel (!) permet d'atteindre 50% de la consommation maximale d'oxygène (VO_2max) et 65% de la FCmax, avec une forte perception d'effort (18 sur l'échelle de Borg).³³ Dans une étude similaire, nous avons observé que la consommation d'oxygène pouvait atteindre 60% de VO_2max et 83% de la FCmax chez des jeunes sédentaires. Par contre chez des jeunes sprinters, ces valeurs sont plus basses, et plus basses encore chez des athlètes d'endurance.

Une étude a montré une amélioration de la tolérance à un test de charge en glucose après douze semaines de vibrations (n=14) ou renforcement classique (n=13) chez des diabétiques de type 2.³⁴ L'HbA_{1c} était améliorée seulement dans le groupe vibrations.



PRÉTENTIONS DE L'INDUSTRIE

Regardons de plus près les effets promis par l'industrie. Elle nous promet un entraînement optimal en un minimum de temps, car les muscles travaillent «en profondeur». Certains manufacturiers parlent d'activation de la circulation sanguine, de renforcement, de souplesse, de récupération et régénération, d'optimisation considérable de l'entraînement pour les athlètes, d'échauffement parfait, de meilleur métabolisme, d'accroissement de l'hormone de croissance, de stimulation du collagène et prévention des rides, de jeunesse ravivée et de réduction de la cellulite.³⁵ Pour d'autres, il s'agit de brûler des calories, d'éliminer les toxines, de stimuler le tissu conjonctif, d'amincir, de raffermir, de remodeler, tout en harmonisant le corps.³⁶ La liste est longue, mais dans l'ensemble, voilà le type d'arguments. Le lien avec la littérature reste ténu. Souvent, les arguments se basent sur «une longue expérience d'utilisation», ou sur des témoignages d'utilisateurs. Or si certains fabricants restent plus humbles en se limitant à ce que les études ont démontré,³⁷ la plupart détournent des effets dont la signification n'est au mieux qu'incertaine.

On peut affirmer que la plupart des prétentions des compagnies impliquées dans ce commerce ne sont pas prouvées, que la plupart des études mentionnées par les fabricants ont été réalisées avec un appareillage qui n'est pas le leur, et que les mécanismes supposés à la base de ces prétendus effets ne sont pas clairs.

PERSPECTIVES ET CONCLUSIONS

Le décalage est évident entre le marketing agressif des vendeurs de *wellness* et les effets démontrés, mais il faut reconnaître que les effets vont au-delà d'une simple mode. Une tendance nette se dégage en faveur d'effets sur le plan du renforcement, de l'équilibre et de la densité osseuse, principalement chez une population âgée ou à risque (résidents de homes, femmes ménopausées). Les études sur des athlètes sont peu concluantes et ne peuvent constituer des recommandations d'utilisation en appoint de l'entraînement. Toutefois, comme souvent dans le domaine sportif, les déterminants de la performance sont multiples, et passent aussi par le besoin de tester des méthodes innovantes, quand bien même leurs effets seraient faibles : entraînement en altitude ou électrostimulation par exemple. Les vibrations semblent exercer un effet intéressant sur la proprioception, ce qui revêt un intérêt dans la rééducation ou la prévention des entorses. Chez les coureurs, on insiste sur une bonne proprioception et stabilité du pied pour prévenir les pathologies de surcharge, et l'effet sur les muscles jambiers y participerait. D'autres sports impliquent des vibrations aux membres inférieurs (ski alpin, nautique), ou aux membres supérieurs (motocyclisme, VTT, sports de raquettes), et pourraient bénéficier

de ce type de travail. Ces applications n'ont pas encore été explorées, en raison principalement des effets mis en avant par l'industrie, se concentrant sur la lutte contre le vieillissement (anti-âge) et le bien-être cosmétique.

En conclusion, nombre des effets prétendus sont au mieux un détournement de la littérature scientifique, et le plus souvent par des chemins inexistantes. Par contre, il semble exister un potentiel pour des populations bien définies, plus âgées et à risque, dans la prévention des chutes et des fractures. Le champ sportif reste à être investigué dans ses aspects d'aide à la performance et de rééducation. La préparation ou la mise en route d'une activité physique chez des personnes à mobilité réduite (obésité) pourrait bénéficier d'une telle approche. On peut aussi penser à la préparation physique avant la saison de ski, génératrice de blessures, où une amélioration de la force et de la proprioception est utile.

Il existe une demande d'informations de la part de nos patients, stimulée par une offre pléthorique. Si ce type d'appareils peut encourager nos patients à débiter une activité physique, c'est bien sûr positif, mais encourageons-les aussi à les utiliser en préparation ou complément à d'autres activités.

Toutefois, ces appareils doivent être utilisés avec prudence et sous surveillance d'un professionnel, comme recommandé par les fabricants. Il faut préciser que les études sont réalisées sur des appareils encombrants et coûteux, qui ne peuvent être comparés aux appareils moins chers destinés à un usage privé. ■

Implications pratiques

- > Les plates-formes de vibration agissent par génération de contractions musculaires réflexes, basées sur les mécanismes de proprioception. Chaque machine a des paramètres d'amplitudes et de fréquences différents
- > La force et l'équilibre de populations âgées à risque sont améliorés par un entraînement de vibrations de trois mois, la densité osseuse nécessite un minimum de six mois de traitement
- > Les nombreuses prétentions de l'industrie du fitness et du bien-être sont fausses et se basent sur le détournement d'études réalisées le plus souvent avec des machines différentes
- > Des applications pour les sportifs semblent possibles en rééducation proprioceptive ou en préparation dans des sports qui impliquent des vibrations (ski, motocyclisme, etc.)
- > Les sujets à mobilité réduite (résidents de homes, obèses) bénéficient certainement le plus de ce type d'approche physique

Bibliographie

- 1 Hagbarth KE, Eklund G. Tonic vibration reflexes (TVR) in spasticity. *Brain Res* 1966;2:201-3.
- 2 Burke D, Hagbarth KE, Lofstedt L, Wallin BG. The responses of human muscle spindle endings to vibration during isometric contraction. *J Physiol* 1976;261:695-711.
- 3 Whedon GD, Deitrick JE, Shorr E. Modification of the effects of immobilization upon metabolic and physiologic functions of normal men by the use of an oscillating bed. *Am J Med* 1949;6:684-711.
- 4 Wakeling JM, Nigg BM, Rozitis AI. Muscle activity damps the soft tissue resonance that occurs in response



- to pulsed and continuous vibrations. *J Appl Physiol* 2002; 93:1093-103.
- 5** Wakeling JM, Von Tscherner V, Nigg BM, Stergiou P. Muscle activity in the leg is tuned in response to ground reaction forces. *J Appl Physiol* 2001;91:1307-17.
- 6** Hagberg M. Clinical assessment of musculoskeletal disorders in workers exposed to hand-arm vibration. *Int Arch Occup Environ Health* 2002;75:97-105.
- 7** Kennedy G, Khan F, McLaren M, Belch JJ. Endothelial activation and response in patients with hand arm vibration syndrome. *Eur J Clin Invest* 1999;29:577-81.
- 8** Griffin MJ. Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union: A review. *Occup Environ Med* 2004;61:387-97.
- 9** Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *J Am Geriatr Soc* 2004;52:901-8.
- 10** ** Rehn B, Lidstrom J, Skoglund J, Lindstrom B. Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: A systematic review. *Scand J Med Sci Sports* 2007;17:2-11.
- 11** * Bogaerts A, Verschueren S, Delecluse C, Claessens AL, Boonen S. Effects of whole body vibration training on postural control in older individuals: A 1 year randomized controlled trial. *Gait Posture* 2007;26:309-16.
- 12** Delecluse C, Roelants M, Diels R, Koninckx E, Verschueren S. Effects of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes. *Int J Sports Med* 2005;26:662-8.
- 13** Cochrane DJ, Legg SJ, Hooker MJ. The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance. *J Strength Cond Res* 2004;18:828-32.
- 14** de Ruiter CJ, Van Raak SM, Schilperoort JV, Hollander AP, de Haan A. The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *Eur J Appl Physiol* 2003;90:595-600.
- 15** Kvorning T, Bagger M, Caserotti P, Madsen K. Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures. *Eur J Appl Physiol* 2006;96: 615-25.
- 16** Rees SS, Murphy AJ, Watsford ML. Effects of whole-body vibration exercise on lower-extremity muscle strength and power in an older population: A randomized clinical trial. *Phys Ther* 2008;88:462-70.
- 17** Mahieu NN, Witvrouw E, Van de Voorde D, et al. Improving strength and postural control in young skiers: Whole-body vibration versus equivalent resistance training. *J Athl Train* 2006;41:286-93.
- 18** Borer KT. Physical activity in the prevention and amelioration of osteoporosis in women: Interaction of mechanical, hormonal and dietary factors. *Sports Med* 2005;35:779-830.
- 19** Rubin C, Turner AS, Muller R, et al. Quantity and quality of trabecular bone in the femur are enhanced by a strongly anabolic, noninvasive mechanical intervention. *J Bone Miner Res* 2002;17:349-57.
- 20** Flieger J, Karachalios T, Khaldi L, Raptou P, Lyritis G. Mechanical stimulation in the form of vibration prevents postmenopausal bone loss in ovariectomized rats. *Calcif Tissue Int* 1998;63:510-4.
- 21** * Verschueren SM, Roelants M, Delecluse C, et al. Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: A randomized controlled pilot study. *J Bone Miner Res* 2004;19:352-9.
- 22** * Gusi N, Raimundo A, Leal A. Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: A randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord* 2006;7:92.
- 23** * Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, et al. Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: A randomized controlled study. *J Bone Miner Res* 2003;18:876-84.
- 24** Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, et al. Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34: 1523-8.
- 25** Kawanabe K, Kawashima A, Sashimoto I, et al. Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly. *Keio J Med* 2007;56:28-33.
- 26** Bautmans I, Van Hees E, Lemper JC, Mets T. The feasibility of whole body vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: A randomised controlled trial (ISRCTN62535013). *BMC Geriatr* 2005;5:17.
- 27** * Bruyere O, Wuidart MA, Di Palma E, et al. Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86:303-7.
- 28** Cheung WH, Mok HW, Qin L, et al. High-frequency whole-body vibration improves balancing ability in elderly women. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88:852-7.
- 29** Runge M, Rehfeld G, Resnick E. Balance training and exercise in geriatric patients. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2000;1:61-5.
- 30** Goto K, Takamatsu K. Hormone and lipolytic responses to whole body vibration in young men. *Jpn J Physiol* 2005;55:279-84.
- 31** Bosco C, Iacovelli M, Tsarpela O, et al. Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol* 2000;81:449-54.
- 32** Roelants M, Delecluse C, Goris M, Verschueren S. Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females. *Int J Sports Med* 2004;25:1-5.
- 33** Rittweger J, Beller G, Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol* 2000;20:134-42.
- 34** Baum K, Votteler T, Schiab J. Efficiency of vibration exercise for glycemic control in type 2 diabetes patients. *Int J Med Sci* 2007;4:159-63.
- 35** www.fr.powerplate.com
- 36** www.sismofitness.com
- 37** www.galileo2000.de
- * à lire
** à lire absolument