

MINISTERE DE LA SANTE

REGION LORRAINE

INSTITUT DE FORMATION EN MASSO - KINESITHERAPIE DE NANCY

A photograph of a man in profile, facing left, performing a squat on a light blue vibration plate. He is shirtless, wearing dark shorts and grey sneakers. He is holding a black weight plate with both hands in front of his chest. The background is plain white.

ENTRAINEMENT PAR VIBRATIONS : EFFET SUR LE RENFORCEMENT MUSCULAIRE DU QUADRICEPS

Rapport de travail écrit personnel

présenté par **Emeline SCHIEFFER**,

étudiante en troisième année de masso –

kinésithérapie en vue de l'obtention du

Diplôme d'Etat de Masseur - Kinésithérapeute

2006 - 2007

TABLE DES MATIERES

PRESENTATION DU LIEU DE STAGE	B
REMERCIEMENTS	C
RESUMÉ	E
1. INTRODUCTION	1
1.1. PRINCIPES DE L'ENTRAINEMENT PAR VIBRATION.....	2
2. LES DONNEES DE LA LITTERATURE	4
2.1. « ETAT DE L'ART » SUR L'ENTRAINEMENT PAR VIBRATION.....	4
3. MATERIEL ET METHODE	6
3.1. POPULATION.....	6
3.2. MATERIEL.....	7
3.2.1. <i>La plate forme vibrante (Annexe II)</i>	7
3.3. CONDITIONS D'ENTRAINEMENT (TAB. I).....	8
3.4. RECUEIL DES DONNEES.....	11
3.4.1. <i>Position du sujet (fig. 5)</i>	11
3.4.2. <i>Appareil de mesures (fig. 6)</i>	12
3.4.3. <i>Mesure de la force musculaire</i>	12
3.5. ANALYSES STATISTIQUES.....	13
4. RESULTATS	13
4.1. EXPERIENCE D'ENTRAINEMENT PAR VIBRATION ET DESISTEMENTS.....	13
4.2. EFFET DES VIBRATIONS.....	14
4.2.1. <i>Sur la force musculaire du quadriceps</i>	14
4.2.2. <i>En fonction des autres critères</i>	15
5. DISCUSSION	15
5.1. LE PROTOCOLE D'ENTRAINEMENT.....	15
5.2. LES RESULTATS DE FORCE DU QUADRICEPS OBTENUS.....	16
5.3. LES AUTRES RESULTATS.....	18
5.4. A PROPOS DES CONDITIONS D'EXERCICE.....	19
5.5. A PROPOS DE L'UTILISATION DE L'EN-VIBE.....	20
5.6. A PROPOS DES VIBRATIONS : MISE EN GARDE.....	20
5.7. APPLICATION A LA REEDUCATION.....	22
6. CONCLUSION	23
BIBLIOGRAPHIE	I
ANNEXES	V

1. INTRODUCTION

Le renforcement musculaire constitue une problématique fréquente pour le masseur-kinésithérapeute. Il est essentiel au rétablissement du mouvement dans de nombreux cas et s'intéresse à la restauration du mouvement perturbé. A cette fin, il existe une multitude de techniques, dont l'entraînement par vibration, qui fait l'objet de notre étude.

Le massage vibratoire a été introduit 2000 ans avant J.-C par la dynastie Chang. Depuis une centaine d'années, les scientifiques utilisent l'effet analgésique des vibrations. Dans les années 70, durant les jeux Olympiques de Moscou les entraîneurs russes ont mis en lumière la possibilité de gagner en force et en souplesse grâce aux vibrations mécaniques (athlètes Russes). Ils ont ainsi précédés les cosmonautes russes dans l'utilisation des vibrations pour résoudre le problème majeur de la vie en apesanteur (la dégénérescence de la masse musculaire). Depuis une quinzaine d'années, l'utilisation de machines vibrantes en physiothérapie, pour inhiber ou faciliter la contraction musculaire, est courante. Aujourd'hui, la technique d'entraînement par vibration s'est démocratisée et connaît un succès sans précédent. Elle est proposée dans les domaines du fitness, de l'amaigrissement et bien sûr de la rééducation. Dans ce dernier cas, cette technique est utilisée dans le but d'optimiser la force musculaire, la proprioception, la circulation sanguine, la densité osseuse... Cet entraînement par vibration se réalise sur une plateforme qui génère des vibrations propagées dans tout le corps.

Pour cette étude, nous nous sommes cantonnés à l'impact de cette plateforme produisant des vibrations verticales sur la force musculaire. L'objectif plus particulier de cette étude est de déterminer le rôle de l'entraînement par vibration sur l'évolution de la force statique du quadriceps. Nous avons

décidé de suivre le guide indicatif d'exercices émis par le fabricant. Le but de cette étude est de savoir si cet appareil peut être employé sur des patients qui ne sont pas en capacité de réaliser un entraînement traditionnel par augmentation progressive de la charge. Pour ce faire, l'étude est réalisée sur des sujets sédentaires sains, étudiants en masso-kinésithérapie et dont la moyenne d'âge est 22,8 ans (+/- 5). Aucun d'entre eux ne pratiquent de sport en club ou en compétition. Ce travail a donc pour ambition, dans une certaine mesure, d'être transférable dans un contexte rééducatif. Cette notion de transfert repose sur la sédentarité des sujets et sur le respect des conditions d'entraînement pour débutant proposées dans le fascicule du constructeur.

1.1. Principes de l'entraînement par vibration

A ce jour, il règne une certaine confusion quant à la compréhension du mécanisme qui induirait un renforcement musculaire par le biais des vibrations. Aucune publication ni même aucun fabricant ne fournissent de données scientifiques objectives et prouvées sur les effets et principes de l'entraînement par vibration.

ENRAF NONIUS et ses concurrents invoquent un réflexe d'étirement du muscle provoqué par les vibrations. Cet étirement entraînerait alors une contraction réflexe du muscle à l'instar des contractions obtenues par la sollicitation du tendon lors de la recherche des réflexes ostéo-tendineux. Le corps réagit à la force générée par une accélération (force G), et non par une masse supplémentaire. Cette thèse est reprise par Van Diemen ⁽²⁷⁾ dans une étude effectuée en 2002 sur l'entraînement par vibrations et les mécanismes d'adaptation engendrés. Il indique que l'entraînement par vibrations repose originellement sur la modification du réflexe tonique vibratoire. Ce réflexe de contraction

résulterait de la stimulation locale du muscle ou du tendon et de la perception de différence de longueur musculaire par les fuseaux neuromusculaires. La raison de l'actuelle ambiguïté provient de l'inconstance des techniques vibratoires employées, du type ou des caractéristiques des vibrations appliquées et surtout des divers tests permettant d'objectiver le résultat obtenu. D'après Van Diemen, le véritable problème n'est pas de comprendre le réflexe tonique vibratoire puisqu'on en connaît le mécanisme. La complexité de la compréhension des effets de l'entraînement par vibration est due aux nombreux changements subis par le stimulus lors du long chemin parcouru jusqu'aux centres nerveux. Pour le même stimulus envoyé par la vibration de la plateforme vibrante, quelle est la part reçue par chaque muscle du corps et comment ce stimulus est-il analysé et répercuté ?

Les différents fabricants de plateformes vibrantes proposent les deux arguments suivants concernant la force musculaire :

- un muscle travaille à près de 97 % de sa capacité avec un entraînement par vibrations contre 40 % au cours d'un entraînement traditionnel,
- grâce à la contraction musculaire involontaire à chaque vibration de la plate-forme, (conditions : fréquence = 30 Hz, 30 sec), la quantité de mouvement par unité de temps est donc nettement plus importante avec la plate-forme vibrante.

Cependant aucune de ces explications n'émanent des articles scientifiques existants et cités comme références dans les écrits permettant d'avancer ces conclusions.

2. LES DONNEES DE LA LITTERATURE

2.1. « Etat de l'Art » sur l'entraînement par vibration

A ce jour, l'effet de l'entraînement par vibration sur la force musculaire n'a pas été beaucoup étudié ⁽¹⁸⁾. Nous manquons donc de supports scientifiques pour connaître exactement les bénéfices de l'entraînement par vibrations ⁽⁹⁾.

Il semblerait⁽¹³⁾ que la vibration locale d'un muscle permette de développer une puissance musculaire plus élevée à l'entraînement d'environ 10%, et autant chez l'athlète d'élite que chez l'amateur. Afin d'évaluer les potentialités d'utilisation d'une plateforme vibrante dans ses programmes de rééducation physique, l'Université de Graz en Autriche ⁽³²⁾ a conduit une étude pour mesurer le développement musculaire de ses patients en rééducation du genou. Au bout de 5 semaines, il a été observé un accroissement de la tonification musculaire de plus de 125% pour les patients du groupe utilisant la plateforme, résultat deux fois supérieur à celui observé dans le cadre d'une rééducation physique traditionnelle. Après 24 semaines d'entraînement par vibration sur des sujets non entraînés ⁽¹⁸⁾ un gain de force statique du quadriceps est objectivé et significativement supérieur au résultat d'un entraînement cardio-vasculaire et résistant (cycloergomètre, step puis leg-press et Haltéro-chaise). Ce résultat ⁽⁹⁾ est aussi démontré après seulement 12 semaines d'entraînement sur plate forme vibrante. Ce gain de force est supérieur à celui obtenu par un groupe placebo mais est comparable à celui perpétré par un entraînement classique contre résistance modérée. Cependant, seul le groupe entraîné sur la plate forme a obtenu un **gain significatif en force explosive**. Le léger gain de force obtenu dans le groupe placebo disparaît au bout de 60 minutes de repos. Runge et coll. ⁽²²⁾ ont, pour leur part, démontré une augmentation de 18 % du temps tenu à l'exercice dit de « la chaise » chez des personnes âgées (âge moyen 70,5 ans de 139 Femmes et 73 Hommes) après seulement 12 semaines d'entraînement par

vibration et soumis à la comparaison d'un groupe contrôle placebo. Ces gains musculaires seraient donc transférables aux activités fonctionnelles par exemple par une amélioration de la capacité à se lever d'une chaise chez une clientèle gériatrique. Néanmoins, Bosco 1999 et coll ^(2,5) ont établi que sur une plus longue période d'entraînement de 10 jours avec des séances quotidiennes (5 x 90 sec) et à une fréquence de 26 Hz, le gain de force obtenu ne perdurerait que 5 sec après l'arrêt des vibrations. À plus long terme, un gain de force et de puissance musculaire de 10 à 50% ^(9,18,19,20,23,26), comparable à un entraînement de renforcement classique avec charges serait également observé.

Torvinen et coll. ^(25,26) ont, quant à eux, reporté une augmentation significative des performances de saut (+ 8,5%) après quatre mois d'entraînement par vibration. L'entraînement semble être plus performant sur la force balistique et les performances de saut du fait du « réflexe tonique vibratoire ». En effet, il permet d'obtenir une contraction réflexe maximale puisqu'il faciliterait l'activation des unités motrices ⁽⁹⁾. D'après une étude de Bosco et coll. ⁽⁴⁾, ce type de traitement serait capable de stimuler le système neuromusculaire beaucoup plus que les autres traitements utilisés habituellement. Cette conclusion découle de deux observations : l'augmentation de la puissance du muscle stimulé par les vibrations et l'activité nerveuse pendant les vibrations presque deux fois plus importante que la valeur de base.

Jordan et coll ⁽¹⁵⁾ ont établi un « état de l'art » des conséquences de l'entraînement par vibration. Il en ressort, au niveau des muscles que la stimulation touche principalement les fibres afférentes Ia qui excitent le motoneurone α . Il se produit alors une contraction de l'unité motrice correspondante qui entraîne une contraction tonique du muscle (réflexe tonique vibratoire). Ce réflexe dépend de la

fréquence de vibration, de la position du corps et de l'état de pré - contraction du muscle. Delecluse ⁽⁹⁾ avance une adaptation nerveuse et une meilleure utilisation des informations sensibles dans le mécanisme de production de force. Il a cependant été suggéré que le gain de force supplémentaire acquis par la vibration corporelle lors des contractions musculaires dynamiques est supérieur à celui obtenu lors des contractions isométriques ⁽²⁷⁾. Parmi les différents paramètres de vibrations les plus propices pour produire des effets musculaires Luo ⁽¹⁶⁾ propose une fréquence de vibration entre 30 et 50 Hz, avec une amplitude d'oscillation suffisante, encore à déterminer. Cependant, certaines études restent perplexes quant aux résultats positifs de l'entraînement par vibration sur la force musculaire ^(8,10,11,12,24). Certains suggèrent même indirectement que la facilitation induite par les vibrations corporelles est limitée ⁽¹⁷⁾.

3. MATERIEL ET METHODE

3.1. Population

Dans un esprit de sécurité, les essais sont effectués sur des sujets sains. Pour plus de praticité, 24 étudiants en masso - kinésithérapie se sont portés volontaires pour ces essais. Les sportifs de haut niveau ainsi que les sujets pratiquant un sport régulier ou en club ont été écartés des essais. Ce groupe de sujet comporte autant de femmes que d'hommes. L'âge moyen des sujets est de 22,8 ans (± 5), leur poids moyen de 69 Kg (± 13), leur taille moyenne de 1,70 m ($\pm 0,1$), leur indice de masse corporelle moyen de 23,3 ($\pm 3,4$) ; un tiers d'entre eux sont fumeurs, et la moitié d'entre eux sont d'anciens sportifs. Pour la réalisation des essais, tous les sujets ont été répartis en trois groupes de façon aléatoire. Tous subissent le même entraînement à un rythme similaire. A savoir que nous laissons au minimum 2 jours de repos entre deux sessions d'exercices.

3.2. Matériel

3.2.1. La plate forme vibrante (Annexe II) :

Cette étude a été réalisée sur la plateforme proposée par le groupe ENRAF NONIUS® : l'EN-Vibe.

➤ Description :

Cette plate forme, qui pèse 100 kg, est constituée d'une base et d'un mat. A l'extrémité supérieure de ce dernier se situe le clavier sur lequel il est possible de choisir :

- un bouton de mise en marche,
- un bouton « start » et un bouton stop,
- l'intensité / amplitude basse ou haute des vibrations,
- le temps d'exercice de 30, 45 ou 60 sec,
- la fréquence des vibrations : 30, 40 ou 50 Hertz, modifiable pendant l'exercice.

➤ Caractéristiques techniques :

- dimensions : 70x70x140 cm (largeur x profondeur x hauteur)
- dimension du plateau : 70 x 70 x 23 cm
- tension : 230 Volts – 50 Hertz ($\pm 5\%$)
- prise de courant : maximum 1,2 ampère
- puissance : 400 VA
- fusible : 6,3 ampères lent (9T/6,3A/230V dimension du fusible : 5 x 20 mm)

➤ Contre indications :

Grossesse, affection thrombotiques, maladies cardio-vasculaires, affections vertébrales (hernies, discopathies, spondylolyses), implants (pied, genou, hanche, stimulateur cardiaque, broches/vis/plaques métalliques), plaies ou cicatrices récentes, affections articulaires (arthrose

aggravée, polyarthrite, spondylarthrite), diabète grave, épilepsie, inflammations aiguës, infections, migraines.

➤ Instructions pour l'utilisation de l'appareil :

Les genoux doivent toujours être légèrement fléchis, le poids du corps doit être essentiellement sur l'avant du pied, le temps maximal d'entraînement par jour est de 15 minutes.

3.3. Conditions d'entraînement (tab. I)

La plateforme vibrante (En-Vibe®) produit des vibrations verticales sinusoïdales. Les exercices proposés aux sujets ont été préalablement établis par le groupe Enraf Nonius et édités sur des posters. Ils sont repris dans le livret d'exercices fourni lors de l'achat de l'appareil. Nous avons suivi ces conditions en retirant quelques exercices en fonction du temps et des moyens impartis pour l'étude. L'échauffement n'étant pas préconisé dans le livret, nous n'en avons pas réalisé avant le travail sur plateforme vibrante.

Nous avons gardé les 4 premiers exercices de la série proposée. Le troisième exercice, en appui unipodal, n'est réalisé que sur le membre inférieur droit.

➤ Premier exercice : squat. (Fig. 1)

Debout au centre de la plateforme, pieds écartés de la largeur des épaules dans un plan sagittal, plantes de pieds complètement appuyées sur le sol, genoux légèrement fléchis, le dos droit. Les mains sont en appui sur les poignées. Provoque une contraction musculaire au niveau des quadriceps, des fessiers et du dos.

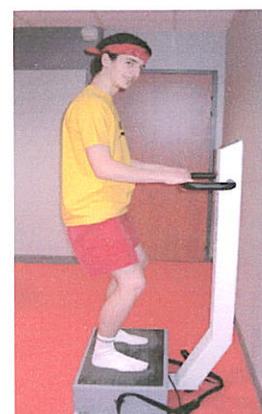


Figure 1 : squat

➤ Second exercice : squat profond. (Fig. 2)

Debout sur la plateforme, les pieds bien à plat et écartés, les genoux doivent se trouver à l'aplomb des pieds en formant un angle de 100° environ. Le dos doit être bien droit, le buste légèrement penché en avant et les mains sont en appui sur les poignées. Provoque une contraction musculaire du dos, des fessiers et des membres inférieurs.

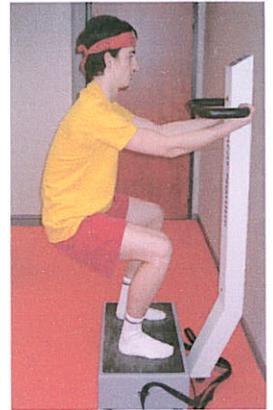


Figure 2 : squat profond

➤ Troisième exercice : squat unipodal droit. (Fig. 3)

Position identique au premier exercice mais uniquement en appui sur le pied droit, bassin bien droit.

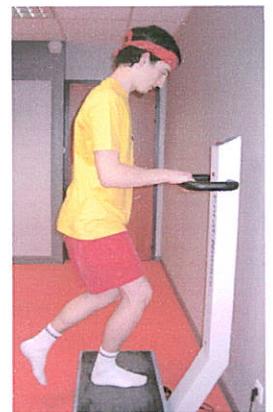


Figure 3 : squat unipodal droit

➤ Quatrième exercice : squat position écartée. (Fig. 4)

Debout sur la plate forme, les genoux sont à l'aplomb des pieds et en flexion d'environ 100° , rotation latérale de hanche. Provoque une contraction musculaire au niveau des quadriceps, des fessiers, du dos et de l'intérieur des cuisses.



Figure 4 : squat écarté

Une séance est constituée d'une série de ces 4 exercices : 01, 02, 03d et 04 (tab. I). Chaque exercice est répété successivement après un temps de repos déterminé en fonction des indications du livret d'entraînement, avant de passer à l'exercice suivant. L'accélération de la plateforme est constamment de 4,7 G. Le volume d'entraînement augmente systématiquement au fil des 4 semaines : la durée effective totale de vibration pour une session varie de 4 à 8 minutes, la durée des séances varie

de 10 à 13 minutes, le temps de repos diminue de 60 à 15 secondes et les répétitions d'exercices augmentent de 2 à 4 fois. La fréquence de travail et l'amplitude sont constantes sur les 8 séances, respectivement de 30 Hz et 1,2 mm.

Tableau I : Caractéristiques du déroulement des séances

Séance	Amplitude	Travail	Fréquence (Hz)	Temps de repos	Exercices	Mode	Répétition	Travail effectif
1	BASSE	30 sec	30	60 sec	01 squat,	Statique	2	4 min
2	BASSE	30 sec	30	60 sec		Dynamique	2	4 min
3	BASSE	30 sec	30	45 sec	02 squat	Statique	2	4 min
4	BASSE	30 sec	30	45 sec	profond,	Dynamique	2	4 min
5	BASSE	30 sec	30	30 sec	03 squat	Statique	3	6 min
6	BASSE	30 sec	30	30 sec	unipodal,	Dynamique	3	6 min
7	BASSE	30 sec	30	15 sec	04 squat	Statique	4	8 min
8	BASSE	30 sec	30	15 sec	écarté	Dynamique	4	8 min

Les exercices sont effectués en statique puis en dynamique la séance suivante. Le terme dynamique signifie que le patient doit réaliser l'exercice en imprimant un mouvement de flexion et extension de genou le plus rapidement possible et dans toute l'amplitude possible. Les pieds doivent toujours rester à plat sur la plate forme. Le sujet est en chaussettes pour éviter l'absorption des vibrations par les chaussures. Les sujets réalisent les exercices à leur rythme propre mais à leur maximum, fonction de leur rythme respiratoire. Lors de ces entraînements supervisés, le sujet est stimulé tout au long de sa séance.

3.4. Recueil des données

Les mesures sont effectuées toutes les deux séances, avant chaque session d'entraînement statique ainsi qu'à la fin des huit séances. Elles sont aussi bien réalisées sur le membre inférieur droit que gauche.

Un questionnaire (annexe I) a été élaboré et remis aux sujets. Il concerne essentiellement le ressenti des vibrations par les sujets.

3.4.1. Position du sujet (fig. 5)

Le sujet est assis sur le bord d'une table de kinésithérapie, perpendiculairement à celle-ci, avec la totalité du segment postérieur de cuisse reposant sur la table. Le bord opposé de cette table est posé contre une cage de poulie en fer. Pour pallier un phénomène de douleur provoqué par le contact du rebord de la table sous la partie distale de la face postérieure de cuisse, nous y positionnons un petit coussin triangulaire. Ce montage nous permet ainsi d'effectuer la mesure toujours dans les mêmes conditions. Pour éviter les compensations, le sujet croise ses bras sur la poitrine, sous la surveillance de l'opérateur.



Figure 5 : Position de mesure



Figure 6 : Dynamomètre
Dynatrac ®

3.4.2. Appareil de mesures (fig. 6)

Nous avons choisi de mesurer la force statique du quadriceps, genou fléchi à 90°. Cette mesure est réalisée grâce à un dynamomètre : le Dynatrac® d'Electronic-Conseil. Ce système mesure la force musculaire grâce à un capteur. Cet outil permet d'établir des bilans musculaires mais aussi d'être un dispositif d'entraînement. Nous nous intéressons ici au rôle d'aide au bilan musculaire. Ce petit appareil, peu encombrant, fonctionne sur secteur ou sur batterie. Pour ce faire nous utilisons le capteur de force 500 Kg, reconnu automatiquement par le Dynatrac®. Ce capteur de force est une petite pièce métallique de précision dont les dimensions sont : 76 x 51 x 27 mm et pèse 500 grammes. Il est muni de deux œillets d'accroche et raccordé au Dynatrac® par un cordon de 3m. Ce capteur est positionné à la hauteur de la cheville du membre inférieur dont nous devons mesurer la force, derrière celui-ci. Il est accroché à la cage de poulie par l'intermédiaire d'un « S ». Une sangle classique de poulie entoure la cheville considérée. Elle est reliée au capteur par une chaîne positionnant le segment jambier à la verticale. La force du muscle nous est donnée visuellement par une échelle lumineuse et par un afficheur à cristaux liquides. Nous positionnons le curseur sur « Force », ce qui nous donne l'affichage, en kilogrammes, de la valeur de la force en temps réel. En fonction du capteur nous pouvons choisir une gamme d'échelle. Dans notre cas elle est de : 50-100-250-500 Kg. Elle est adaptée en fonction de la force musculaire développée par le patient.

3.4.3. Mesure de la force musculaire

Nous mesurons donc la force maximale instantanée statique des deux quadriceps alternativement à un angle articulaire de 90° de flexion de genou. La contraction est demandée pendant 1 seconde à la force maximale isométrique. Nous mesurons en réalité le moment résistant. Ce mouvement est effectué 3 fois. Le mode isométrique permet d'utiliser un matériel de mesure simple à mettre en œuvre, d'autant

plus que les moments moteurs et résistants sont constants. Pour une meilleure reproductibilité, un même opérateur place le sujet sur la table à chaque fois dans les mêmes conditions : angle articulaire et point d'application de la résistance identiques. Les ordres prodigués aux sujets sont « poussez le plus fort que vous pouvez » puis « tenez ».

3.5. Analyses statistiques

Les résultats ont été interprétés statistiquement tout d'abord par une analyse descriptive puis une analyse comparative. Des tests du Chi2 ont été utilisés pour la comparaison entre variables qualitatives et des tests de comparaison de moyenne pour les variables quantitatives (sexe et sport). Tous ces tests ont été réalisés au seuil $\alpha = 5\%$. Le logiciel de statistiques utilisé est le logiciel SAS.

4. RESULTATS

4.1. Expérience d'entraînement par vibration et désistements

Nous n'avons pas eu de désistement et les sujets ont été compliants (pas de sport en dehors et réalisation des exercices avec application) durant les 4 semaines de l'entraînement.

Nous avons interrogé les sujets à propos de leur ressenti à l'aide d'un questionnaire (Annexe I). Au départ, la plupart des sujets se sont plaint de **contractures algiques au lendemain de la première séance d'entraînement dynamique**. Ces contractures ont diminué au fur et à mesure des entraînements qui étaient pourtant plus intenses à chaque fois. Quant à l'appréciation de ce type d'entraînement, la globalité des sujets l'ont trouvé surprenant, parfois ennuyeux en statique mais ludique en général, bien qu'extrêmement pénible en dynamique. La majorité des sujets ont été très surpris de la sensation procurée par les vibrations lors de la première séance d'exercices statiques. Ils

l'ont qualifié de « bizarre ». Les **séances dynamiques** ont été jugées de **niveau élevé et de grande difficulté** par les hommes comme par les femmes. Le qualificatif le plus souvent employé dans le questionnaire est « fatigant ». Certains sujets peinaient à finir les séquences, bloqués par la douleur musculaire et par l'intensité de l'effort demandé. Néanmoins, la plupart des sujets ont indiqué une impression de tonification et d'effet positif subjectif de cet entraînement. 17 sujets sur 24 ont précisé ressentir un bien-être après les séances statiques contre 9 sur 24 en dynamique. Quelques sujets ont même décrits des **sensations de tremblement ou de flageolement des membres inférieurs** après les séances statiques comme dynamiques. Elles étaient accompagnées de faiblesse du membres inférieurs avec des difficultés à rester debout en descendant de la plateforme.

4.2. Effet des vibrations

4.2.1. Sur la force musculaire du quadriceps

Nous observons, après l'analyse statistique, les résultats obtenus après 8 séances d'entraînement. Nous obtenons ainsi une **augmentation de la force, statiquement significative** (cf. p-value tab. II), des **deux quadriceps** d'une valeur, en moyenne, identique (+ 8,2 kg pour le quadriceps droit et + 8,5 kg pour le gauche) (tab. II).

Tableau II : Force des Quadriceps avant (T0) et après (T5) 8 séances d'entraînement par vibration

	Force Quad Droit T0 (Kg)	Force Quad Gauche T0 (Kg)	Force Quad Droit T5 (Kg)	Force Quad Gauche T5 (Kg)
Moyenne	32,7	30,6	40,9	39,0
Ecart-type	11,3	9,1	10,6	9,3
Minimum	18,6	18,0	22,0	24,7
Maximum	60,7	57,3	68,0	64,7
<i>p</i>			0,000012	0,000000

4.2.2. En fonction des autres critères

Il n'y a aucune différence significative de force du quadriceps entre les femmes et les hommes, ni entre les anciens sportifs et non sportifs (Annexe III), ni entre les fumeurs et non fumeurs, ni même en fonction du poids ou de la taille des sujets.

5. DISCUSSION

5.1. Le protocole d'entraînement

Nous n'avons malheureusement pas pu savoir de quelle façon et sur quelles bases avait été élaboré le guide indicatif d'exercices fourni par le fabricant. En ce qui concerne les positions d'exercice, tous les fournisseurs proposent les mêmes. Le fournisseur ne préconisant pas la réalisation d'échauffement, nous avons respecté le livret d'exercices. A l'instar d'Enraf-Nonius®, les autres études réalisées dont nous avons parlé au chapitre 2 : « les données de la littérature », n'indiquent pas plus la notion d'échauffement dans leurs protocoles. Cependant, cette notion commence à apparaître chez certains concurrents de l'EN-Vibe. Ce qui allongerait le temps de travail de façon conséquente, allant parfois jusqu'à doubler le temps d'exercice. Si l'utilité de l'échauffement était avérée par des études scientifiques, l'entraînement par vibration risquerait de perdre l'avantage de « la rapidité du renforcement ».

L'efficacité de l'EN-Vibe dépend de l'objectif rééducatif à atteindre. Les exercices indiqués dans le livret au niveau débutant peuvent être proposés mais sont à orienter en fonction de l'état du patient. Lors d'un réentraînement curatif (devant pallier un déficit musculaire d'origine traumatique ou d'alitement prolongé), il serait préférable, au départ, de proposer un travail uniquement statique. Pour

connaître le bénéfice exact de cet entraînement il faudrait réaliser une étude sur l'efficacité de l'entraînement par vibration statique. Bautmans ⁽¹⁾ n'a pas réussi à augmenter la force musculaire après un entraînement uniquement statique sur des personnes âgées (âge moyen 77,5 +/- 11,1). De plus, compte tenu de l'éventuel impact des vibrations sur les synthèses osseuses, il serait indispensable d'attendre plusieurs mois avant de démarrer cet entraînement en cas de traumatisme.

5.2. Les résultats de Force du quadriceps obtenus

Nous obtenons une augmentation de la force isométrique du quadriceps après 4 semaines d'exercice à raison de deux fois par semaine. Cette augmentation est de 8,2 (droite) et 8,5 Kg (gauche). Il n'y a donc pas de différence notable entre les deux membres inférieurs. Cependant, parmi les quatre exercices réalisés sur la plate forme, l'un d'eux était réalisé en unipodal droit. Cet unique exercice monopodal n'apporte donc pas une différence de travail musculaire suffisante pour induire une augmentation du gain de force à droite. Nous pourrions alors mettre en cause la reproductibilité de la mesure dans le sens où il n'y a pas de blocage de genou à un angle donné et où le sujet effectue des compensations pendant la mesure. Cependant les **conditions d'installation sont reproduites fidèlement à chaque mesure** même si aucun contrôle de l'angle n'est effectué. Et les compensations d'un même sujet sont identiques d'une fois sur l'autre. Une seule étude indique la pose de sangles autour des cuisses ou du bassin du patient⁽⁹⁾. Ces données d'installation peuvent influencer sur la force par l'intermédiaire du changement de longueur du muscle et donc du bras de levier.

L'entraînement par vibrations permet donc, et nous le vérifions dans cette étude, une augmentation de la force statique du quadriceps. Nous avons choisi de nous concentrer sur cette mesure

statique pour plusieurs raisons. Pour une notion d'organisation et de logistique, les entraînements et les mesures devaient être réalisés sur le même site ; pour une raison de temps le nombre de sujets devait être de 24 et les séances (tous les midi du lundi au vendredi durant 5 semaines) devaient se produire à l'ILFMK. Et même si certaines études démontrent aussi une augmentation de la force explosive ^(9,13), nous avons préféré, dans le temps qui nous était imparti, nous cantonner à l'impact des vibrations sur la force statique du quadriceps en proposant une étude simple et exploitable. Si nous avions eu plus de temps nous aurions aimé compléter cette étude, notamment, par une mesure de la force du quadriceps à distance pour vérifier la longévité du gain de force.

Nous avons choisi un **angle de mesure de 90° de flexion de genou**. Nous avons tenu compte de la spécificité angulaire du muscle lors du choix de la course dans laquelle le renforcement est effectué⁽²⁹⁾. De part les exercices effectués sur la plateforme lors de cette étude, les sujets effectuent, au maximum, un balayage de 20° à 120° de flexion de genou. L'angle de mesure choisi correspond donc à la course articulaire réalisée pendant le renforcement sur plateforme. De plus cet angle nous permet une position de mesure simple et reproductible.

Cette étude nous apporte la preuve d'une augmentation de force statique du quadriceps après 4 semaines d'entraînement sur plateforme vibrante. Elle devra être complétée pour pouvoir connaître la part imputable à cette technique. Elle nécessite donc une comparaison avec un ou plusieurs types d'entraînements « classiques » par charge additionnelle et surtout une comparaison avec un groupe placebo effectuant les mêmes mouvements mais sans vibrations⁽⁹⁾.

5.3. Les autres résultats

En dehors de l'évolution de la force musculaire, nous avons interrogé les sujets sur leur ressenti. Ce résultat subjectif nous a fourni quelques autres informations intéressantes. Tous les sujets ont été ravis de cette expérience. Au delà d'un effet de surprise unanime, tous ont jugé l'entraînement sur En-Vibe ludique et amusant. Cependant, les séances dynamiques ont entraîné beaucoup de **douleurs et de fatigue**, même si la totalité des sujets ont préféré ce mode de contraction. Leur critique se portant sur la monotonie du mode statique. Nous pouvons nous demander quelle est l'origine de ces douleurs.

Ces résultats sont surprenants. En effet, les sujets sont jeunes, sains et sédentaires. Le protocole employé dans cette étude est celui défini par le constructeur dans le cas de sujets débutants. Et pourtant les sujets ont rencontré des difficultés pour terminer les séances notamment dynamiques en raison de douleurs et d'une grande fatigue. ENRAF NONIUS® propose ces protocoles dans le cadre rééducatif. Cependant nous pouvons nous interroger sur la capacité de sujets atteints ou sortant de pathologies à subir ce type d'entraînement contraignant et difficile même pour des sujets sains.

Globalement et donc dans un **cadre non rééducatif** les sujets sont partagés entre le fait de préférer un entraînement plus « agréable » en extérieur (course, vélo,..) et l'impression d'efficacité et de rapidité du renforcement musculaire prodigué par la plateforme. Le dernier aspect révélé par ces questionnaires est la **nécessité d'un opérateur auprès des sujets pendant la phase de travail**. D'une part, pour pallier le caractère ennuyeux du travail statique, mais surtout pour motiver, encourager et corriger les positions au cours des séances statiques et dynamiques. La majorité des sujets a aussi apprécié les conseils prodigués en fin de séances (étirement, hydratation) et en constatait le bénéfice.

Ces dernières observations confirment la nécessité d'un personnel qualifié auprès des sujets et d'autant plus que le sujet présente ou sort d'une pathologie.

5.4. A propos des conditions d'exercice

Ces différents exercices font appels à des **types de contraction différents**. Tout d'abord, lors des exercices statiques, le mode contractile isométrique est utilisé. Ensuite lors du travail dynamique, il y a alternance entre les deux modes contractiles concentrique et excentrique. Ce dernier mode est particulièrement intéressant puisqu'il est souvent retrouvé dans la vie quotidienne et notamment lors de la marche ou de la descente d'escaliers ⁽²⁸⁾. L'**intérêt du mode excentrique** se situe dans la stabilisation de l'articulation et donc le renforcement des structures passives du muscle. De surcroît, dans le cadre rééducatif, le travail excentrique est facilitateur et demande moins d'énergie que le travail concentrique ou statique.

En masso – kinésithérapie ⁽²⁸⁾, il est important **d'orienter le renforcement en fonction des besoins** du patient. Il est possible de développer la force maximale (notion de 1 RM), la puissance maximale, la force explosive, le volume musculaire et l'endurance. Ayant fait ce choix, le kinésithérapeute choisira d'effectuer un travail global ou analytique. L'Entraînement global, prodigué lors de l'entraînement par vibration, est plus proche de la fonction et a une action sur le plan cardiorespiratoire (augmentation du rythme cardiaque, de la pression sanguine et de la consommation d'oxygène ⁽³³⁾). Il choisira donc le type d'entraînement et son matériel en fonction de ses objectifs.

Les différents fabricants de plateformes vibrantes invoquent le renforcement du muscle par sa contraction en position d'étirement. Cependant, compte tenu des positions des exercices et du paradoxe « de Lombard »⁽²⁹⁾, nous pouvons nous interroger sur la part de renforcement musculaire due à la sollicitation des muscles en étirement sur la plate forme de vibration.

5.5. A propos de l'utilisation de l'En-Vibe

L'En-vibe fait appel à toutes les capacités du patient à distance d'une pathologie et permet de proposer un **réentraînement fonctionnel** proche de l'utilisation quotidienne du membre inférieur (chaîne fermée en flexion de genoux). Mais les vibrations, notamment par déséquilibre, n'induiraient t'elles pas, de surcroît, une **notion proprioceptive** (indispensable pour compléter et intégrer le renforcement musculaire⁽³⁰⁾) ? En effet⁽³³⁾, les vibrations provoqueraient un mouvement artificiel passif du corps qui perturberait le mécanisme de contrôle moteur normal et engendreraient des réactions des mécanismes de contrôle neuromusculaire. Ceci pourrait fournir une explication sur le ressenti des sujets à la descente de la plate-forme.

5.6. A propos des vibrations : mise en garde

En dépit des effets positifs de cette technique, **les vibrations ne sont pas sans risques pour le corps**. Il existe d'ailleurs une reconnaissance de maladies professionnelles⁽³⁵⁾ au titre de certaines affections provoquées par des vibrations au travail¹. Bien entendu les conséquences des vibrations sont étroitement liées au type et au temps d'expositions ainsi qu'aux caractéristiques physiques des

¹ Nous retrouvons donc dans le tableau annexé au Code de la Sécurité sociale, le tableau N°97⁽³⁵⁾ concernant les « Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par des vibrations de basses et moyennes fréquences transmises au corps entier ».

vibrations elles-mêmes. Dans le cadre de vibrations transmises à l'ensemble du corps ⁽³³⁾, et en terme de risques professionnels, les vibrations donnent lieu à un sentiment d'inconfort décrit selon une échelle sémantique. Les vibrations transmises à l'ensemble du corps semblent, dans un autre contexte que celui du sport, entraîner des interférences avec d'autres activités telles que l'acquisition d'informations, l'attention et la motivation. Cependant, cet argument est particulièrement subjectif.

Les fréquences des vibrations globales du corps sont jugées importantes pour des vibrations comprises entre 0,5 et 80 Hz. Nous nous trouvons donc dans cette gamme de vibrations pour tous nos exercices⁽³⁴⁾. Les effets des vibrations globales du corps sont complexes et sont **fonction de la position du sujet**. Elles peuvent entraîner un inconfort, affecter négativement les performances ou aggraver des pathologies vertébrales préexistantes et occasionner des désordres vestibulaires⁽²¹⁾. Nous retrouvons donc cette notion de douleur qui a considérablement marqué nos sujets durant toute l'étude. Il nous vient évidemment une interrogation : quelle est la part de responsabilité des vibrations dans cette douleur ressentie par tous les sujets sur la plateforme ? Il serait intéressant de **réaliser une étude plus approfondie** en établissant un **calcul de l'exposition aux vibrations** pour une personne s'exerçant sur l'EN-Vibe à raison de 3 fois par semaines et en respectant le guide indicatif du constructeur.

Bien entendu, la réaction de l'organisme aux vibrations dépend de la durée totale de l'exposition⁽³³⁾. D'un point de vue biodynamique⁽³³⁾, le corps humain possède des fréquences de résonance qui produisent une réponse mécanique maximale. Mais il existe de nombreuses résonances dans le corps et ces fréquences de résonance varient d'une personne à l'autre et en fonction de la posture. Les effets des vibrations totales du corps dépendront de la transmissibilité (qui dépend de la

fréquence, de la posture et de la fréquence des vibrations) et de l'impédance mécanique du corps (force nécessaire pour provoquer un mouvement du corps à chaque fréquence). Généralement, le corps humain présente une résonance à partir de 5Hz.

Des **modifications physiologiques** ont été observées durant les vibrations⁽³³⁾. Néanmoins, à part l'effet d'habituation du corps aux vibrations, ces modifications n'ont pas pu être imputées directement aux vibrations. Une charge spinale accrue a été retrouvée dans la phase initiale du brusque déplacement vers le haut⁽³³⁾. Elle serait due à une moins bonne stabilisation musculaire de la colonne vertébrale et pourrait engendrer une fatigue des muscles paravertébraux pendant l'exposition aux vibrations.

5.7. Application à la rééducation

Lors de cette étude nous avons pu démontrer que l'entraînement par vibration, à raison de deux séances par semaines sur une durée de 4 semaines, permettait une augmentation substantielle de la force du quadriceps. Cependant, tous les sujets se sont plaint de douleurs après la réalisation des séances ainsi que de fatigue durant et après les séances dynamiques. Ces sujets étaient jeunes et non porteurs de pathologies. Il semble donc, d'après ces résultats, que cette technique d'entraînement soit une technique plus adaptée à des sujets sains qu'à des sujets porteurs de pathologies. Nous nous interrogeons donc sur la possibilité de transfert de cet entraînement à la rééducation des personnes âgées dans le cadre du traitement de l'ostéoporose (entre autres pathologies) ou d'un sujet jeune ayant subi une intervention orthopédique du membre inférieur.

Cet entraînement permettrait donc une rééducation fonctionnelle en chaîne fermée des membres inférieurs en même temps qu'un renforcement du quadriceps.

D'après notre étude, il découle de cette étude une incertitude quant au moment de l'application de cette plateforme à la rééducation. Dans l'hypothèse où les vibrations corporelles totales n'auraient aucun effet néfaste sur l'organisme, et dans le cas de personnes âgées ou qui émergent de pathologies quelles qu'elles soient, il ne semble pas possible de proposer du travail dynamique dès le départ. Mais quels sont les apports d'un travail uniquement statique ? Est-ce la technique la plus appropriée ? Cependant, les vibrations, utilisées à distance peuvent permettre un renforcement musculaire tel qu'il a été démontré dans cette étude.

6. CONCLUSION

Cette étude représente un **pré-test** concernant l'effet de l'entraînement par vibration sur la force musculaire du quadriceps. Elle nous permet de constater que, grâce à un entraînement statique et dynamique sur une plateforme vibrante à raison de deux séances par semaines pendant quatre semaines, les quadriceps de personnes jeunes, saines et sédentaires bénéficient d'un **gain de force d'environ 8,5 kg**. Il ressort de cette étude que cet entraînement produit sur ces mêmes sujets des douleurs et de la fatigue.

Ce travail ne permet donc pas de fournir, en l'état, un indice ou une indication pour son transfert pour un type de rééducation de pathologies. En effet, malgré l'obtention d'une augmentation de la force du quadriceps **nous ne pouvons pas imaginer un transfert direct à la rééducation**. D'après les

différentes études déjà réalisées, ce type d'entraînement serait plus orienté vers l'utilisation pour sportifs ^(2,5), personnes non entraînées mais non porteuses de pathologies ^(9,18,19) ou personnes âgées mais en conditions statiques ^(1,22). L'entraînement par vibration met en œuvre des situations proches du geste fonctionnel habituel du membre inférieur. La totalité du réentraînement s'effectuant en global, il est naturel de s'interroger sur le type et la sélectivité du renforcement obtenu. L'apport proprioceptif reste un élément non négligeable qui mérite d'être étudié. Maintenant, la réserve se porte surtout sur les véritables effets physiologiques des vibrations sur tout l'organisme.

Il est évident que **d'autres études seront nécessaires pour clarifier le mécanisme de contraction musculaire** et le gain de force obtenu par l'entraînement par vibration. Elles permettront aussi de définir les différentes **modalités d'utilisation et d'encadrement nécessaires** pour atteindre un objectif précis en connaissant les phénomènes physiologiques engendrés, et ce sans effets délétères. Au moment où les vibrations apparaissent comme un stimulus potentiel pour l'appareil neuromusculaire, il est crucial que les entraîneurs et physiologistes aient une compréhension générale des effets des vibrations sur le corps humain ⁽¹⁵⁾. C'est la condition pour pouvoir utiliser cette technique à d'autres fins qu'esthétiques ou sportives.

Une **estimation des effets de l'exposition aux vibrations** dépend bien entendu de la forme, de l'amplitude et de la fréquence de ces vibrations mais surtout de la **répétitivité de cette exposition**. Il semble que la fréquence soit le facteur principal ⁽¹⁵⁾. Cependant, il faudrait réaliser des études complémentaires avec les mêmes conditions d'exercices et tester les effets de variations d'amplitudes, de fréquences et de durée... A l'instar de ces conditions d'exercices identiques, l'entraînement

classique de référence devra être, lui aussi, similaire d'une étude à l'autre. Ceci permettrait d'obtenir, indépendamment des différentes plateformes, une base de réflexion commune s'appuyant sur une étude dans des conditions « standard » sur une population conséquente.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bautmans, Y. et coll. : "The feasibility of whole body vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial", *BMC Geriatrics*, 5 : 17, 2005.
2. Bosco, C., Colli ,R., Intromini, E., Cardinale, M., Iacovelli' , M., Tihanyi, J., von Duvillard, S.P., Viru, A. : "Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure", *Clinical physiologie*, 19 : 183-187, 1999.
3. Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., Viru, M., De Lorenzo, A., Viru, A. : "Hormonal responses to whole-body vibration in men", *Eur J Appl Physiol*, 81 : 449-454, 2000.
4. Bosco, C., Cardinale, M., Tsarpela, O. : "Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscle, *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*, 79 : 306-311, 1999.
5. Bosco, C., Cardinale, M., Colli R., Tihanyi J. et al. : « The influence of whole body vibration on jumping performance”. *Biol Sport*, 1998, 15(3) : 157-64
6. Bruyère, O., Wuidart, M.A., et coll. : Presentation: Controlled whole body vibrations improve health related quality of life in elderly patients. Orlando, FL: American College of Rheumatology: 2003 meeting; October 23-28, 2003 : Abstract 1271.
7. Bruyère, O., Wuidart, M-A., Di Palma, E., Goulay, M., Ethgen, O., Richey, F., Reginster, J.-Y.: "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 : 303-307.
8. Cochrane, D.J., Legg, S.J., Hooker, M.J. : "The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance", *J Strength Cond Res*, 18 :28-32, 2004.
9. Delecluse, C., Roelants, M. et Verschueren, S. : "Strength Increase after Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training", *Med Sci Sport Exerc*, 35 : 1033-1041, 2003.
10. De Ruyter, C. J., van Raak, S. M, Schilperoort, J. V., Hollander, A. P., 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*, 90 : 595–600, 2003.
11. De Ruyter, C.J., van der Linden, R.M., van der Zijden, M.J., Hollander, A.P., de Haan, A. : "Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise", *Eur J Appl Physiol*, 88 : 472-475, 2003.

12. Humphries, B., Warman, G., Purton, J., Doyle, T.L.A., Dugan, E. : "The influence of vibration on muscle activation and rate of force development during maximal isometric contractions", *Journal of Sports Science and Medicine*, 3, 16-22, 2004.
13. Issurin, V.B. et G. Tenenbaum : "Acute and residual effects on vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes", *J Sports Sciences*, 17 : 177-188, 1999.
14. Iwamoto, J., Otaka, Y., Kudo, K., Takeda, T., Uzawa, M., et K. Hirabayashi : "Efficacy of training program for ambulatory competence in elderly women", *Keio J Med*, 53 : 85–89, 2004.
15. Jordan J., Norris R., Smith J., Herzog W. : "Vibration Training : An Overview of the Area, Training Consequences, and Future Considerations", *J Strength Cond Res*, 19(2) :459-466, 2005
16. Luo, J., McNamara, B., Moran, K. : "The use of vibration training to enhance muscle strength and power", *Sports Med*, 35 : 23-41, 2005.
17. Rittweger, J., Schiessl, H., Felsenberg, D. : "Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement", *Eur J Appl Physiol*, 86 : 169–173, 2001.
18. Roelants, M., Delecluse, C., Goris, M., Verschueren, S.M. : "Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females", *Int J Sport Med*, 25 : 1-5, 2004a.
19. Roelants, M., Delecluse, C., Verschueren, S.M. : "Whole-Body-Vibration Training Increases Knee-Extension Strength and Speed of Movement in Older Women", *J Am Geriatr Soc*, 52 : 901–908, 2004b.
20. Ronnestad, B.R. : "Comparing the performance-enhancing effects of squats on a vibration platform with conventional squats in recreationally resistance-trained men", *J Strength Cond Res*, 18 : 839-845, 2004.
21. Rubin, C., Recker, R., Cullen, D., Ryaby, J., McCabe, J. et K. McLeod : "Prevention of Postmenopausal Bone Loss by a Low-Magnitude, High-Frequency Mechanical Stimuli: A Clinical Trial Assessing Compliance, Efficacy, and Safety", *J Bone Mineral Res*, 19 : 343-351, 2004.
22. Runge, M., Rehfeld, G. et E. Resnicek : "Balance training and exercise in geriatric patients", *J Musculoskelet Neuron Interact*, 1: 61–65, 2000.
23. Russo, C.R., Lauretani, F., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Guralnik, J.M., Ferrucci, L. : "High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women", *Arch Phys Med Rehabil*, 84 : 1854-1857, 2003.
24. Schlumberger, A., Salin, D., Schmidbleicher, D. : "Strength training with superimposed vibrations, [Article in German]", *Sportverletz Sportschaden*, 15 : 1-7, 2001.

25. Torvinen, S., Kannu, P., Sievanen, H. et coll. : "Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study", Clin Physiol Funct Imaging, 22 : 145–152, 2002.
26. Torvinen, S., Kannu, P., Sievanen, H. et coll : "Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. Med. Sci. Sports Exerc. 34 : 1523-1528, 2002.
27. Van Diemen, A. : "VIBRATION TRAINING, Mechanisms and possible mechanisms relating to structural adaptations and acute effects", Power Plate International, 2002.

AUTRES REFERENCES

28. Gain H. , Hervé JM. , Hignet R. , et Deslandes R. Renforcement musculaire en rééducation. Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Kinésithérapie – Médecine physique – Réadaptation, 26 – 055 – A – 11, 2003, 10 p.

LIVRES :

29. Génot C. , Leroy A. , Dufour M. , Neiger H. , Pierron G. , Peninou G. – Kinésithérapie : Livre 1 : principes. Bilans, techniques passives et actives de l'appareil locomoteur – Paris : Flammarion, 1983 - 148 p
30. Perrin Ph. , Lestienne F. , Monographies de Bois-Larris N°29 : mécanismes de l'équilibration humaine – Paris : Masson – 1994 – 163 p.

THESES :

31. Cardinale M. , The effects of vibration on human performance and hormonal profile – Ph. D Thesis : Semmelweis University Doctoral School – Faculty of Physical Education and Sport Sciences : Budapest – 2002, 23 p.
32. Trimmel A. M. , Einfluss von vibration auf die Muskulatur in der Rehabilitation durch Verwendung von Power-Plate, Diplomarbeit – Akademie für Physiotherapie LKH Graz – Graz – 2003, 62 p.

GUIDES :

33. Stelleman J. M. , Encyclopédie de sécurité et de santé au travail, Vol. II : les risques professionnels, Chap. 50 : les vibrations : les vibrations transmises à l'ensemble du corps, 3^{ème}

édition française, traduction de la 4^{ème} édition anglaise, Genève, Bureau international du travail, 2002, 17 p.

34. Guide de bonnes pratiques en matière de vibrations globales du corps". Guide consultatif de bonnes pratiques en vue de l'application de la directive 2002/44/EC relative aux exigences minimales d'hygiène et sécurité pour l'exposition des employés aux risques résultant d'agents physiques (vibrations). 2006, 65 p. Traduction française du 09.09.06.
35. Les maladies professionnelles. Guide d'accès aux tableaux du régime général et du régime agricole de la Sécurité sociale, édition INRS, 4^{ème} édition, avril 2004, 350 pages

SOURCES INTERNET :

<http://bjsm.bmj.com>
<http://pbussier.iquebec.com/vibrotonie.html>
<http://physrev.physiology.org>
<http://vibrationalfitness.com/research/rsupport.php#a1>
<http://www.elitesportservices.com/en/>
http://www.enraf-nonius.com/index2.asp?taal_id=fr&pgnaam=Actieve%20Revalidatie&mode=cat
<http://www.fit-med.com/scientific.asp>
<http://www.galileo2000.de/literatur.php?t=2>
<http://www.inrs.fr/>
<http://www.power-energy.fr/etudes-realisees.php>
<http://www.power-plate.fr/>
<http://www.platforme-vibrante.com/resume/articles.html>
<http://www.reeduc.com/article/?ReeducComID=6f3cdc783dc77fe06c0ceca4c981d321>
<http://www.vibrahs.com/research.htm>
http://www.vibrogym.com/fr/vibro_science.asp
<http://www.vibra-train.co.nz/research.html>
<http://www.wavexercise.com/professional/sciencebehind.html>
<http://www.xendon.com>

ANNEXES

Annexe J

FICHE DE RENSEIGNEMENTS :

Nom : _____ Prénom : _____
 Numéro : / / / /
 Date de naissance : / / / / - - / /
 Sexe : Homme , Femme
 ATCD :
 HTA oui non
 Diabète oui non
 DNID , DID
 Problèmes cardiaques oui non
 Maladies rhumatismales oui non
 Ostéosynthèse oui non
 Epilepsie oui non
 Autres oui non

Poids :kg
 Taille :cm
 IMC (ne pas remplir) :
 Fumeur oui non
 Ancien sportif : oui non Si oui, quel sport ?
 Préférence entre Plateforme ou exercice sportif en extérieur et pourquoi ?

Votre Avis : (ludique, ennuyeux, bizarre, désagréable, agréable, fatiguant...)

- Travail Statique :
 - La première fois :
 - Les fois suivantes :
 - Bien-être ap. séance : oui non
 - Rmq : (présence de contractures, intensité des contractures, différence au fur et à mesure des séances...)
- Travail Dynamique :
 - La première fois :
 - Les fois suivantes :
 - Bien-être ap. séance : oui non
 - Rmq : (présence de contractures, intensité des contractures, différence au fur et à mesure des séances...)

Je suis volontaire dans le cadre du travail écrit de troisième année de Mlle Schieffer. Ce mémoire étudie les effets de l'entraînement par vibrations sur le renforcement musculaire du quadriceps. Pour cela je devrai effectuer 8 séances d'entraînement en statique et en dynamique alternativement sur la plate forme vibrante En-Vibe. Une dernière séance sera consacrée à une mesure finale de la force du quadriceps. Je ne présente aucune des contres-indications que m'a notifié Mlle Schieffer.

A :

Le :

Signature :

Annexe JJ

6 Changé la langue

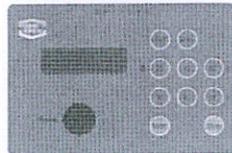


Poussez le bouton "High" et allumez en même temps l'appareil avec le bouton rouge

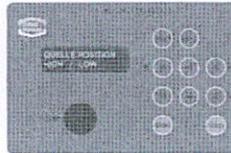
Lâche le bouton "High" et choisissez :

- "30 Sec" pour le néerlandais
- "45 Sec" pour l'anglais
- "60 Sec" pour l'allemand
- "30 Hz" pour le français
- Confirmez par le bouton "Start"

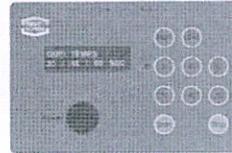
7 Mise en service



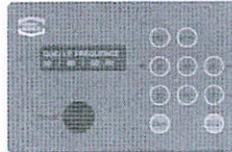
Allumez le EN-Vibe en appuyant sur le bouton rouge.



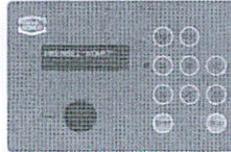
Sélectionnez l'intensité des vibrations : High (fort)/ Low (faible)



Sélectionnez la durée (30 / 45 / 60 s)



Sélectionnez la fréquence (30 / 40 / 50 Hz)



Appuyez sur Start.

À la fin du programme, vous pouvez appuyer immédiatement sur « Start » pour recommencer le programme précédent. Vous évitez ainsi de devoir sélectionner à nouveau toutes les valeurs. Vous pouvez également appuyer sur l'interrupteur se trouvant sur la partie inférieure du pilier.

Pendant l'exercice, vous pouvez modifier la fréquence en appuyant sur le bouton correspondant à la fréquence de votre choix. Vous pouvez arrêter le EN-Vibe à tout moment en appuyant sur le bouton « Stop ».

8 Dépannage

Si le EN-Vibe ne fonctionne plus, effectuez les opérations mentionnées ci-dessous, dans l'ordre indiqué, et après chacune d'entre elles, vérifiez si le problème est résolu. Si ce n'est pas le cas, passez à l'opération suivante.

La lampe rouge de l'interrupteur marche/arrêt n'est pas allumée

- Appuyez sur l'interrupteur
- Branchez la fiche dans la prise de courant
- Contrôlez si le câble d'alimentation secteur est inséré correctement dans le pilier
- Remplacez le fusible



Annexe JJJ

Description variables quantitatives fichier schief.base
dans schief.quantfin

9

09:24 wednesday, January 17, 2007

The TTEST Procedure

Statistics

variable	sport	N	Lower CL Mean	Mean	Upper CL Mean	Lower CL Std Dev	Std Dev	Upper CL Std Dev	Std Err
FD0	0	12	22.638	28.642	34.645	6.6936	9.4489	16.043	2.7277
FD0	1	12	29.261	36.819	44.378	8.4269	11.896	20.198	3.434
FD0	Diff (1-2)		-17.27	-8.178	0.9172	8.308	10.742	15.204	4.3855
FG0	0	12	23.063	28.044	33.026	5.5536	7.8397	13.311	2.2631
FG0	1	12	26.866	33.1	39.334	6.9504	9.8115	16.659	2.8323
FG0	Diff (1-2)		-12.57	-5.056	2.4632	6.8681	8.8805	12.569	3.6254
FD1	0	12	25.226	30.778	36.33	6.1899	8.7379	14.836	2.5224
FD1	1	12	29.178	36.667	44.155	8.3491	11.786	20.011	3.4023
FD1	Diff (1-2)		-14.67	-5.889	2.8947	8.0236	10.374	14.684	4.2354
FG1	0	12	23.309	30.5	37.691	8.0174	11.318	19.216	3.2671
FG1	1	12	29.706	35.722	41.738	6.7075	9.4685	16.076	2.7333
FG1	Diff (1-2)		-14.06	-5.222	3.6119	8.0697	10.434	14.768	4.2597
FD2	0	12	24.207	29.778	35.349	6.2111	8.7679	14.887	2.5311
FD2	1	12	27.104	36.778	46.452	10.786	15.226	25.852	4.3953
FD2	Diff (1-2)		-17.52	-7	3.5187	9.6085	12.424	17.584	5.072
FG2	0	12	24.558	31.944	39.331	8.2353	11.625	19.738	3.3559
FG2	1	12	25.254	32.833	40.413	8.4508	11.93	20.255	3.4438
FG2	Diff (1-2)		-10.86	-0.889	9.0834	9.1094	11.778	16.671	4.8085
FD3	0	12	11.541	24.333	37.126	14.263	20.134	34.185	5.8122
FD3	1	12	12.671	26.444	40.218	15.356	21.678	36.806	6.2578
FD3	Diff (1-2)		-19.82	-2.111	15.601	16.179	20.92	29.609	8.5406
FG3	0	12	11.215	23.111	35.008	13.264	18.724	31.79	5.405
FG3	1	12	12.889	26.667	40.444	15.361	21.685	36.818	6.2598
FG3	Diff (1-2)		-20.71	-3.556	13.596	15.668	20.258	28.673	8.2704
FD4	0	12	34.162	40.389	46.615	6.9422	9.7998	16.639	2.829
FD4	1	12	33.937	41.444	48.952	8.3705	11.816	20.062	3.411
FD4	Diff (1-2)		-10.25	-1.056	8.1348	8.3952	10.855	15.364	4.4315
FG4	0	12	33.387	38.722	44.057	5.9481	8.3965	14.256	2.4239
FG4	1	12	32.668	39.333	45.999	7.4318	10.491	17.812	3.0285
FG4	Diff (1-2)		-8.656	-0.611	7.4335	7.3485	9.5016	13.448	3.879

T-Tests

Variable	Method	Variances	DF	t Value	Pr > t
FD0	Pooled	Equal	22	-1.86	0.0756
FD0	Satterthwaite	Unequal	20.9	-1.86	0.0763
FG0	Pooled	Equal	22	-1.39	0.1771
FG0	Satterthwaite	Unequal	21	-1.39	0.1778
FD1	Pooled	Equal	22	-1.39	0.1783
FD1	Satterthwaite	Unequal	20.3	-1.39	0.1795

moyenne, écart-type , minimum, maximum

Description variables quantitatives fichier schief.base 10
dans schief.quantfin
09:24 Wednesday, January 17, 2007

The TTEST Procedure

T-Tests

Variable	Method	Variances	DF	t Value	Pr > t
FG1	Pooled	Equal	22	-1.23	0.2332
FG1	Satterthwaite	Unequal	21.3	-1.23	0.2336
FD2	Pooled	Equal	22	-1.38	0.1814
FD2	Satterthwaite	Unequal	17.6	-1.38	0.1849
FG2	Pooled	Equal	22	-0.18	0.8550
FG2	Satterthwaite	Unequal	22	-0.18	0.8550
FD3	Pooled	Equal	22	-0.25	0.8071
FD3	Satterthwaite	Unequal	21.9	-0.25	0.8071
FG3	Pooled	Equal	22	-0.43	0.6714
FG3	Satterthwaite	Unequal	21.5	-0.43	0.6715
FD4	Pooled	Equal	22	-0.24	0.8139
FD4	Satterthwaite	Unequal	21.3	-0.24	0.8140
FG4	Pooled	Equal	22	-0.16	0.8763
FG4	Satterthwaite	Unequal	21	-0.16	0.8763

Equality of Variances

Variable	Method	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
FD0	Folded F	11	11	1.58	0.4572
FG0	Folded F	11	11	1.57	0.4688
FD1	Folded F	11	11	1.82	0.3354
FG1	Folded F	11	11	1.43	0.5640
FD2	Folded F	11	11	3.02	0.0805
FG2	Folded F	11	11	1.05	0.9333
FD3	Folded F	11	11	1.16	0.8108
FG3	Folded F	11	11	1.34	0.6347
FD4	Folded F	11	11	1.45	0.5452
FG4	Folded F	11	11	1.56	0.4721

moyenne, écart-type , minimum, maximum

The TTEST Procedure

Statistics

Variable	sexe	N	Lower CL Mean	Mean	Upper CL Mean	Lower CL Std Dev	Std Dev	Upper CL Std Dev	Std Err
age	1	12	20.343	23.917	27.49	3.984	5.6239	9.5488	1.6235
age	2	12	19.053	21.75	24.447	3.0074	4.2453	7.208	1.2255
age	Diff (1-2)		-2.052	2.1667	6.3852	3.8535	4.9825	7.0521	2.0341
poids	1	12	69.11	75.167	81.224	6.7532	9.533	16.186	2.752
poids	2	12	54.425	62.917	71.409	9.4678	13.365	22.692	3.8582
poids	Diff (1-2)		2.4217	12.25	22.078	8.9778	11.608	16.43	4.7391
taille	1	12	1.7569	1.7917	1.8264	0.0388	0.0547	0.0929	0.0158
taille	2	12	1.6002	1.6408	1.6815	0.0454	0.064	0.1087	0.0185
taille	Diff (1-2)		0.1004	0.1508	0.2013	0.0461	0.0596	0.0843	0.0243
FD0	1	12	34.885	41.111	47.337	6.9418	9.7993	16.638	2.8288
FD0	2	12	21.654	24.35	27.046	3.006	4.2434	7.2048	1.225
FD0	Diff (1-2)		10.368	16.761	23.154	5.8399	7.5509	10.687	3.0827
FG0	1	12	30.417	36.111	41.805	6.3483	8.9616	15.216	2.587
FG0	2	12	21.894	25.033	28.173	3.5007	4.9417	8.3904	1.4266
FG0	Diff (1-2)		4.9511	11.078	17.204	5.5966	7.2364	10.242	2.9542
FD1	1	12	32.135	39.611	47.087	8.3357	11.767	19.979	3.3968
FD1	2	12	24.988	27.833	30.678	3.172	4.4778	7.6027	1.2926
FD1	Diff (1-2)		4.2404	11.778	19.315	6.8852	8.9026	12.6	3.6345
FG1	1	12	32.416	38.944	45.473	7.2786	10.275	17.445	2.9661
FG1	2	12	22.661	27.278	31.895	5.1477	7.2667	12.338	2.0977
FG1	Diff (1-2)		4.1325	11.667	19.201	6.8823	8.8988	12.595	3.6329
FD2	1	12	32.792	41.389	49.986	9.5848	13.53	22.973	3.9058
FD2	2	12	23.28	25.167	27.053	2.1036	2.9695	5.0419	0.8572
FD2	Diff (1-2)		7.9292	16.222	24.515	7.5754	9.795	13.863	3.9988
FG2	1	12	33.372	40.333	47.295	7.7614	10.956	18.602	3.1628
FG2	2	12	21.592	24.444	27.296	3.1798	4.4887	7.6212	1.2958
FG2	Diff (1-2)		8.8005	15.889	22.977	6.475	8.3722	11.85	3.4179
FD3	1	12	36.592	43.611	50.631	7.8263	11.048	18.758	3.1893
FD3	2	12	26.163	30.611	35.059	4.9591	7.0005	11.886	2.0209
FD3	Diff (1-2)		5.1698	13	20.83	7.1526	9.2484	13.09	3.7756
FG3	1	12	35.728	42.056	48.383	7.0552	9.9593	16.91	2.875
FG3	2	12	24.782	29.667	34.552	5.4464	7.6884	13.054	2.2194
FG3	Diff (1-2)		4.8565	12.389	19.921	6.8806	8.8966	12.592	3.632
FD4	1	12	39.199	46	52.801	7.583	10.704	18.175	3.0901
FD4	2	12	30.699	35.833	40.968	5.7246	8.081	13.721	2.3328
FD4	Diff (1-2)		2.1371	10.167	18.196	7.3348	9.4839	13.423	3.8718
FG4	1	12	37.907	43.944	49.982	6.7316	9.5026	16.134	2.7432
FG4	2	12	30.209	34.111	38.014	4.3509	6.142	10.428	1.773
FG4	Diff (1-2)		3.0595	9.8333	16.607	6.1877	8.0007	11.324	3.2663

moyenne, écart-type , minimum, maximum

Description variables quantitatives fichier schief.base 10
 dans schief.quantfin
 09:15 Saturday, January 20, 2007

The TTEST Procedure

T-Tests

Variable	Method	Variances	DF	t Value	Pr > t
age	Pooled	Equal	22	1.07	0.2984
age	Satterthwaite	Unequal	20.5	1.07	0.2992
poids	Pooled	Equal	22	2.58	0.0169
poids	Satterthwaite	Unequal	19.9	2.58	0.0177
taille	Pooled	Equal	22	6.20	<.0001
taille	Satterthwaite	Unequal	21.5	6.20	<.0001
FD0	Pooled	Equal	22	5.44	<.0001
FD0	Satterthwaite	Unequal	15	5.44	<.0001
FG0	Pooled	Equal	22	3.75	0.0011
FG0	Satterthwaite	Unequal	17.1	3.75	0.0016
FD1	Pooled	Equal	22	3.24	0.0038
FD1	Satterthwaite	Unequal	14.1	3.24	0.0059
FG1	Pooled	Equal	22	3.21	0.0040
FG1	Satterthwaite	Unequal	19.8	3.21	0.0044
FD2	Pooled	Equal	22	4.06	0.0005
FD2	Satterthwaite	Unequal	12.1	4.06	0.0016
FG2	Pooled	Equal	22	4.65	0.0001
FG2	Satterthwaite	Unequal	14.6	4.65	0.0003
FD3	Pooled	Equal	22	3.44	0.0023
FD3	Satterthwaite	Unequal	18.6	3.44	0.0028
FG3	Pooled	Equal	22	3.41	0.0025
FG3	Satterthwaite	Unequal	20.7	3.41	0.0027
FD4	Pooled	Equal	22	2.63	0.0154
FD4	Satterthwaite	Unequal	20.5	2.63	0.0160
FG4	Pooled	Equal	22	3.01	0.0064
FG4	Satterthwaite	Unequal	18.8	3.01	0.0072

Equality of Variances

Variable	Method	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
age	Folded F	11	11	1.75	0.3649
poids	Folded F	11	11	1.97	0.2777
taille	Folded F	11	11	1.37	0.6124
FD0	Folded F	11	11	5.33	0.0099
FG0	Folded F	11	11	3.29	0.0603
FD1	Folded F	11	11	6.91	0.0033
FG1	Folded F	11	11	2.00	0.2660
FD2	Folded F	11	11	20.76	<.0001
FG2	Folded F	11	11	5.96	0.0063
FD3	Folded F	11	11	2.49	0.1456
FG3	Folded F	11	11	1.68	0.4040

moyenne, écart-type , minimum, maximum

Description variables quantitatives fichier schief.base 11
dans schief.quantfin
09:15 Saturday, January 20, 2007

The TTEST Procedure
Equality of Variances

Variable	Method	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
FD4	Folded F	11	11	1.75	0.3651
FG4	Folded F	11	11	2.39	0.1633

moyenne, écart-type , minimum, maximum