

Efeitos do Whole-Body Vibration no aumento da força muscular do Quadríceps em indivíduos saudáveis - Licenciatura em Fisioterapia

Universidade Atlântica

Licenciatura em Fisioterapia

**Efeitos do Whole-Body Vibration no aumento da força muscular do
Quadríceps em indivíduos saudáveis**

Monografia Final de Curso

Seminário de Monografia I e II

Volume 1

Elaborado por José M. Estrela Paulino

Aluno nº 200791720

Orientador: Professora Maria da Lapa Rosado

Barcarena

Julho de 2011

Efeitos do Whole-Body Vibration no aumento da força muscular do Quadríceps em indivíduos saudáveis - Licenciatura em Fisioterapia

O autor é o único responsável pelas ideias expressas neste relatório

Efeitos do Whole-Body Vibration no aumento da força muscular do Quadríceps em indivíduos saudáveis - Licenciatura em Fisioterapia

Agradecimentos

Quero agradecer a todos os que de alguma forma me apoiaram e ajudaram durante o decorrer deste estudo.

Sendo assim, gostaria de agradecer:

À minha orientadora, professora Maria da Lapa Rosado, pela ajuda, pela orientação, pela sua disponibilidade e pelo acolhimento dado ao longo do desenvolvimento deste estudo.

A Sheila Ranchhod, Directora da PowerPlate® em Portugal, por todo o apoio dado, pela disponibilidade e vontade em colaborar neste projecto.

A Miguel Jerónimo, Director Geral do ginásio Fitlife Health Clubs, pela disponibilidade e vontade em colaborar neste projecto.

Um grande obrigado à minha mãe, pela ajuda, tempo perdido, incentivo, força, paciência, dedicação e amizade. Sem ela não teria chegado até aqui. Ao meu pai que sempre acreditou em mim e sempre me apoio. Ao meu irmão, aos meus avós, tia e prima que adoro do fundo do coração, que sem eles não tinha chegado até onde cheguei. A vocês vou estar sempre grato e são sem dúvida as pessoas mais importantes para mim.

À Inês, que em tão pouco tempo conseguiu tornar-se numa pessoa tão especial e importante para mim, apoiando-me e acreditando sempre que eu seria capaz de alcançar os meus objectivos. Obrigado por me fazeres rir nos momentos mais difíceis, Obrigado por nunca desistires de mim.

Aos meus amigos por todo o apoio dado, por toda a amizade demonstrada ao longo destes anos. Um muito obrigado a todos eles.

Efeitos do Whole-Body Vibration no aumento da força muscular do Quadríceps em indivíduos saudáveis - Licenciatura em Fisioterapia

Resumo

Efeitos do Whole-Body Vibration no aumento da força muscular do Quadríceps em indivíduos saudáveis

O Whole-body Vibration (WBV) é um método de treino para o fortalecimento muscular e não só, que usa a vibração e cada vez mais está a ser utilizado numa variedade de situações clínicas. Vários autores têm realizado estudos para avaliar os efeitos fisiológicos do WBV no aumento da força, mas a sua utilização como método de treino continua a ser discutida. **Objetivos:** Verificar o aumento da força muscular do quadríceps com a realização de exercícios de fortalecimento na plataforma vibratória – WBV. **Metodologia:** Estudo quasi-experimental, em que a amostra para este estudo contou com 21 participantes escolhidos por conveniência (entre os 19-24 anos de idade) e divididos em 3 grupos de forma aleatória: Grupo de Controlo (GC), Grupo de exercícios na Plataforma (GEP) e Grupo de exercícios no Solo (GES). O plano de intervenção foi composto por quatro exercícios estáticos, para o aumento da força muscular do quadríceps, desenvolvido durante 6 semanas, 3x/semana. Os três grupos em estudo foram avaliados em três momentos distintos, antes da implementação do plano de intervenção (0 semanas), no meio do plano de intervenção (3 semanas) e no final do plano de intervenção (6 semanas). Foi avaliada a força muscular através do 1RM do quadríceps com o auxílio de um aparelho de fortalecimento apropriado para o músculo em estudo – leg press, e o IMC, através da seguinte fórmula: $[IMC = (\text{peso}) / (\text{altura}^2)]$. **Resultados:** A força muscular do quadríceps aumentou significativamente ($P < 0,05$) tanto no GES [21,13 Kg (DP \pm 8,68)] como no grupo GEP [52,24 Kg (DP \pm 26,60)], respectivamente, comparados com o GC, enquanto comparados entre si não se verificou um aumento significativo ($P > 0,05$). **Conclusão:** Os indivíduos presentes no GES e no GEP obtiveram ganhos na força muscular do quadríceps com diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) em cada um dos grupos. Neste estudo podemos concluir que o WBV e a contração muscular reflexa provocada, tem o potencial de induzir a um ganho na força do quadríceps na amostra em estudo.

Palavras-chave: WBV, força muscular, quadríceps

Efeitos do Whole-Body Vibration no aumento da força muscular do Quadríceps em indivíduos saudáveis - Licenciatura em Fisioterapia

Abstract

Effects of Whole- Body Vibration to increase the quadriceps strength in healthy individuals

The Whole-body Vibration (WBV) is a training method for muscle strengthening and beyond, which uses vibration and is increasingly being used in a variety of clinical situations. Several authors have conducted studies to evaluate the physiological effects of WBV in increasing strength, but its use as a training method continues to be discussed. **Objectives:** Verify the increase in quadriceps muscle strength with strengthening exercises on the vibratory platform – WBV. **Methods:** Quasi-experimental study, in which the sample for this study included 21 participants chosen by convenience (between 19-24 years old) and randomly divided into 3 groups: control group, group exercises and Platform Group Ground exercises. The intervention plan was composed by four static exercises to increase strength of the quadriceps muscle, developed for 6 weeks, 3x/week. The three study groups were evaluated at three different times, before implementing the intervention plan (0 weeks), in the middle of the intervention plan (3 weeks) and at the end of the intervention plan (6 weeks). Muscle strength was evaluated through the quadriceps 1RM with the aid of an equipment suitable for strengthening the muscle under study - leg press, and BMI using the following formula [$BMI = (\text{weight}) / (\text{height})^2$]. **Results:** The quadriceps muscle strength increased significantly ($P < 0.05$) both in GES [21.13 kg (SD \pm 8.68)] as in the GEP group [52.24 kg (SD \pm 26.60)], respectively, compared with the GC, as compared to each other there was a significant increase ($P > 0.05$). **Conclusion:** The sample in the GES and GEP had increased on the strength of the quadriceps muscle with statistically significant differences ($p < 0,05$) in each group. In this study we can conclude for this sample that WBV and the reflexive muscle contraction caused has the potential to induce a gain in strength of the quadriceps

Key words: WBV, muscle strength, quadriceps.

Efeitos do Whole-Body Vibration no aumento da força muscular do Quadríceps em indivíduos saudáveis - Licenciatura em Fisioterapia

Índice

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract.....	ix
Índice	xi
Índice de figuras.....	xiii
Índice de tabelas.....	xiii
Lista de abreviaturas e siglas	xv
1. Introdução	1
2. Enquadramento Teórico.....	3
2.1 Whole-Body Vibration – WBV.....	3
2.2. História do WBV	4
2.3. Benefícios Comprovados Cientificamente.....	5
2.4. Possíveis Vantagens de adicionar o WBV a Reabilitação Convencional.....	6
2.5. Vibrações.....	7
2.6. Resposta Neuro-Fisiológica à Vibração.....	10
2.7. Reflexo Miotático	11
2.8. Produção de Força	12
2.9. Quadríceps crural	13
2.10. Importância de ter um Quadríceps Forte	14
2.11. Varismo e Valgismo	15
3. Metodologia	17
4. Resultados	23

5. Discussão de Resultados.....	29
6. Conclusão.....	33
7. Bibliografia	35
8. Apêndices.....	41
9. Anexos	59

Índice de figuras

Figura 1 – Vibração Harmónica e não Harmónica.....	8
Figura 2 – Planos da Plataforma.....	8
Figura 3 – Ganhos da força muscular nas avaliações dos diferentes grupos.....	25
Figura 4 – Nivel de Força do GES e GEP na 1ª e 3ª Avaliação.....	26
Figura 5 – Ganhos musculares do GES e GEP nas avaliações.....	28

Índice de tabelas

Tabela 1 – Aceleração nos diferentes opções de frequência, amplitude e força gravitacional.....	13
Tabela 2 – Plano de treino em Plataforma vibratória.....	21
Tabela 3 – Plano de treino em solo.....	22
Tabela 4 – Caracterização dos sujeitos (nº de sujeitos, género e faixa etária).....	23
Tabela 5 – Características Antropométricas dos sujeitos.....	24

Efeitos do Whole-Body Vibration no aumento da força muscular do Quadríceps em indivíduos saudáveis - Licenciatura em Fisioterapia

Lista de abreviaturas e siglas

WBV – Whole-Body Vibration

RM – Repetição Máxima

RVT – Reflexo Vibratório Tónico

GC – Grupo de controlo

GEP – Grupo de exercícios numa plataforma vibratória

GES – Grupo de exercícios no solo

IMC – Índice de massa corporal

BMI – Body Mass Index

Kg – Kilogramas

m – Massa

mm - Milímetro

Hz - Hertz

DP – Desvio Padrão

Efeitos do Whole-Body Vibration no aumento da força muscular do Quadríceps em indivíduos saudáveis - Licenciatura em Fisioterapia

1. Introdução

O presente trabalho, da área da músculo-esquelética, insere-se no âmbito da Unidade Curricular de Seminário de Monografia, do Curso de Licenciatura em Fisioterapia da Escola Superior de Saúde Atlântica – Universidade Atlântica.

Com este trabalho pretende-se verificar os efeitos de exercícios realizados na plataforma do *Whole-Body Vibration* (WBV) no aumento da força muscular do quadríceps em indivíduos saudáveis.

O WBV é um método de treino para o fortalecimento muscular e não só, que usa a vibração, e que está a ser cada vez mais utilizado em uma variedade de situações clínicas. (Delecluse, Roelants & Verschueren, 2003 & Rauch, 2009).

Neste tipo de treino o indivíduo fica em cima de uma plataforma que gera vibração, numa frequência que pode variar entre os 35 e os 50 Hz. Esta vibração funciona como estímulos mecânicos que são transmitidos para o corpo, que estimulam por sua vez os receptores sensoriais, mais concretamente os fusos neuromusculares. Isto leva a activação dos motoneurónios alfa, provando assim contracções musculares (Delecluse, Roelants & Verschueren, 2003)

A maioria dos estudos já publicados descreve três efeitos terapêuticos a longo prazo na utilização de treino por vibração: aumento da força muscular, aumento do equilíbrio e da densidade óssea (Rauch, 2009).

Uma das componentes de intervenção em Fisioterapia, área músculo-esquelética, é o fortalecimento muscular, como por exemplo: pós-fracturas com um grande período de imobilização, rupturas e estiramentos de músculos ou ligamentos.

Na área da fisioterapia no desporto também é dado um grande ênfase ao fortalecimento muscular não só como forma de prevenção de lesões mas também no aumento de força. Através de exercícios específicos, pretende-se que o aumento da força adquirida se transforme em potência. Por exemplo, para entender qual a importância do fortalecimento muscular para um atleta, deve-se atender ao seu carácter preventivo de

lesões. A força que envolve as articulações aumenta com o exercício, melhorando a protecção e a estabilidade articular, evitando lesões.

A Fisioterapia como uma ciência da saúde, tem evoluído com o passar dos tempos, sendo influenciada por diversos processos de criação e aperfeiçoamento. Cada vez mais a ciência contribui para o desenvolvimento de recursos terapêuticos que especificam a fisiologia humana, e favorecem o reequilíbrio da mesma (homeostase), nos campos da prevenção e do tratamento.

Ao surgir um novo equipamento como o WBV é necessário estudá-lo para perceber até que ponto será mais uma ferramenta disponível para a intervenção em fisioterapia.

Assim, surge o interesse no fortalecimento muscular e perceber porque é que os princípios de *Acceleration Training*TM potencializam as acções de músculos com consequente aumento da capacidade nas respostas articulares, nos tendões, ligamentos e outros sistemas.

Como objectivos iniciais para este estudo pretende-se: verificar o aumento da força muscular do quadríceps com a realização de exercícios de fortalecimento na plataforma vibratória – WBV; perceber se os parâmetros utilizados no programa de treino apresentam melhores resultados em comparação com estudos anteriormente publicados; nos grupos em estudo verificar em qual se manifesta um maior aumento da força do quadríceps.

Este trabalho inicia-se com o capítulo do *enquadramento teórico*, onde se vai apresentar a fundamentação do presente trabalho. O segundo capítulo, designado *metodologia*, onde se apresenta o tipo de estudo que foi realizado, a amostra e a intervenção. Posteriormente serão apresentados e discutidos os resultados obtidos. Por último será realizada uma *conclusão* onde está presente uma análise de todo este trabalho.

2. Enquadramento Teórico

Nos últimos anos tem havido um interesse crescente na utilização da WBV como uma forma de treino físico. Mas, conforme a citação de Merriman & Jackson (2009), a investigação publicada sobre esta temática tem de ser avaliada a nível metodológico com alguma precaução, uma vez que as variáveis utilizadas diferem nos diversos estudos.

“Much of the WBV research to date is methodologically weak and should be interpreted with caution. Study protocols have used widely variable WBV parameters which also complicates the studies interpretation” (Merriman & Jackson, 2009).

2.1 Whole-Body Vibration – WBV

O WBV ou treino de vibração é um método de treino que usa a vibração para atingir vários benefícios, como por exemplo o aumento da força muscular. Este método tem ganho, ultimamente, alguma importância e tem sido amplamente utilizado, de preferência entre pessoas saudáveis, como atletas de alta competição. O principal argumento para o uso de vibração no treino muscular foi baseado na suposição de que as melhorias da força muscular podem ser facilmente alcançadas durante um curto espaço de tempo. Muitas publicações científicas relatam vários efeitos positivos do exercício por vibração, também em pessoas com deficiências funcionais (Rehn *et al*, 2007).

A importância da actividade física na manutenção ou melhoria da saúde é amplamente aceita. Por vezes, é difícil de motivar as pessoas para a prática de actividade física, mas com o uso de uma nova modalidade de treino, às vezes, pode ajudar, especialmente quando existe a promessa de atingir os objectivos de treino num curto espaço de tempo. No entanto, a contracção "agressiva" muscular provocada por estas plataformas vibratórias podem de alguma forma ser prejudicial para os músculos, se utilizada em indivíduos com lesões significativas ao nível miofascial, ou podendo mesmo ser de algum perigo em indivíduos com algumas doenças, como diabetes, insuficiência renal

ou aqueles que estão sob medicação que pode afectar o bom funcionamento da actividade muscular (Gojanovic *et al*, 2011)

O WBV envolve exercícios numa plataforma que oscila para cima e para baixo com uma determinada frequência e amplitude. No entanto, não pode ser realizada sem algum tipo de peso corporal. Tipicamente, envolve exercício estático ou dinâmico. Vários estudos têm mostrado que a aplicação de vibração aumenta actividade muscular para um grau muito maior que a mesma actividade, sem vibração (Rees, Murphy & Watsford, 2008).

Como o WBV provoca um elevado grau de activação muscular, foi colocada a hipótese que esta plataforma vibratória resultaria num maior aumento de força muscular em indivíduos sedentários. Estes aumentos de força devem ser significativamente maiores do que os efeitos de treino sem vibração (Decluse, Roelants, Verschueren, 2003).

2.2. História do WBV

A utilização da vibração como ferramenta terapêutica não é uma novidade tecnológica dos tempos modernos. Na antiga Grécia já era utilizada para acelerar a recuperação de lesões através de um artefacto que consistia numa banda de tecido envolvendo o membro lesionado numa ponta, e na outra ligada a uma lâmina metálica flexível que provocava a vibração (mas apenas numa única direcção). No final do século XIX o médico John Harvey Kellogg também utilizou a vibração mecânica (e pela primeira vez em múltiplas direcções) para tratar alguns pacientes que sofriam de doenças tão diferentes como nevralgias, atrofia muscular ou mesmo obstipação. Mas foi o cientista alemão W. Biermann que se apercebeu do potencial da vibração estudando a Estimulação Neuromuscular Rítmica através de vibrações ciclóides. O cientista russo, Vladimir Nazarov, na década de 60, foi o primeiro a usar a vibração com o objectivo de melhorar a performance atlética, algo a que ele chamou Estimulação Biomecânica. A utilização desta tecnologia mais frequentemente deu oportunidade de fazer mais investigação e obter mais conhecimento sobre os processos de contracção muscular e

movimentos involuntários levando a um melhor e mais profundo entendimento sobre o controlo neuromuscular. O programa espacial russo usava a tecnologia da vibração para preparar os cosmonautas para as longas permanências no espaço, sob gravidade zero e, posteriormente, para a sua recuperação muscular e óssea após regresso à Terra. Os bailarinos profissionais russos também usavam a vibração na recuperação de lesões e para aumentar a sua altura de salto e, progressivamente, muitos dos atletas olímpicos russos incorporaram esta tecnologia nas suas rotinas habituais de treino (Ranchhod, 2007).

2.3. Benefícios Comprovados Cientificamente

Várias centenas de artigos científicos têm sido publicados sobre os efeitos da WBV, e o número de pesquisas realizadas vai aumentando a cada ano que passa. Os efeitos descritos nesses estudos incluem: aumento da força muscular e tonificação, redução da celulite, aumento da densidade óssea, aumento da produção de certas hormonas chave (testosterona, hormona do crescimento, IGF-1, serotonina), diminuição do Cortisol (hormona do stress), diminuição da massa gorda corporal, diminuição da dor, melhoria da propriocepção, equilíbrio e coordenação motora, entre outros. (Decluse, Roelants, Verschueren, 2003 & Cormie *et al.* 2006)

Outro dos efeitos imediatos da WBV, segundo Kerschman-Schindl *et al.* (2001) e Lohman *et al.* (2007) é uma melhoria da circulação. Segundo estes autores, a rápida contração e relaxamento dos músculos, 20 a 50 vezes por segundo, funciona como uma bomba sobre os vasos sanguíneos e vasos linfáticos, aumentando assim a velocidade do fluxo de sangue através do corpo. Oliveri *et al.* (1989) e Stewart *et al.* (2005) descrevem o aparecimento de vasodilatação como resultado dessa vibração.

Outra diferença importante entre o método de treino convencional e o WBV é que não é necessário a utilização de carga adicional, logo aí não há uma sobrecarga nas estruturas passivas, como ossos, ligamentos e articulações. É por isso que WBV é adequado para as pessoas que devido à idade avançada, doenças, distúrbios de peso, ou lesão têm dificuldade em responder aos métodos de tratamento mais convencionais (Cochrane &

Stannard, 2005 & Mahieu *et al.*, 2006). Por outro lado, também é indicado para atletas profissionais que querem estimular e fortalecer seus músculos sem sobrecarregar as articulações (Cochrane & Stannard, 2005 & Mahieu *et al.*, 2006). Além da sua influência sobre os músculos, WBV também pode ter um efeito positivo sobre a densidade mineral óssea. As vibrações do aparelho estimulam a compressão e remodelação do tecido ósseo, ao activarem os osteoblastos (células de construção óssea), e diminuindo a actividade dos osteoclastos (células que destroem o osso para baixo). A estimulação repetida desse sistema, combinada com uma maior atracção dos músculos sobre os ossos, aumenta a densidade mineral óssea ao longo do tempo. (Johnell & Eisman, 2004; Rubin *et al.*, 2004; Verschueren *et al.*, 2004 & Jordan, 2005). Aqui entramos um pouco no campo da prevenção pois como é sabido a perda de densidade óssea aumenta o risco das fracturas. Mas os benefícios vão mais longe, pois o aumento da força muscular, o controle postural e de equilíbrio são também factores a ter em conta. Estudos envolvendo indivíduos idosos têm demonstrado que todas estas questões podem ser melhoradas usando WBV (Roelants, Delecluse & Verschueren, 2004; Bautmans *et al.*, 2005; Bogaerts *et al.*, 2007 & Kawanabe *et al.*, 2007).

Além disso, Berlin Bedrest Study, mostrou que 10 minutos de treino de vibração 6 vezes por semana impediram a perda muscular e a perda óssea em repouso absoluto total num período de 55 dias (Bleeker *et al.*, 2005 & Blottner *et al.*, 2006).

Este tipo de tecnologia de movimentação é uma forma eficiente, eficaz e segura para estimular os músculos e as células ósseas, queimar gordura e perder peso, e restaurar o equilíbrio neuromuscular (Delecluse, Roelants, Verschueren, 2003 & Cormie *et al.*, 2006).

2.4. Possíveis Vantagens de adicionar o WBV a Reabilitação Convencional

O WBV apresenta uma melhor eficácia, uma vez que o tratamento de vibração pode resultar num ganho mais rápido de função muscular. Uma sessão típica com WBV inclui nove minutos de exposição a vibrações numa frequência de 20Hz.

Isto aplica 10 800 impulsos de estimulação para os membros inferiores, o que corresponde a um número de impulsos recebidos durante três horas de caminhada em velocidade regular.

Outra vantagem é o aumento de segurança. Porque o utente está na plataforma e não necessita de realizar movimentos com os membros inferiores, ou seja, existe assim uma menor probabilidade de escorregar, tropeçar, ou de realizar movimentos indesejados. (Rauch, 2009)

2.5. Vibrações

O mundo que nos rodeia está cheio de diferentes tipos de vibrações, são algo com que lidamos no nosso dia-a-dia.

Toda a matéria é composta por moléculas e átomos e eles relacionam-se entre si através de vibração electromagnética, tal como os planetas do nosso sistema solar. A luz viaja através da vibração de fotões, o som propaga-se pela vibração do ar, os tremores de terra produzem vibração. O nosso corpo emite também uma certa frequência. (Abercromby *et al.*, 2007)

Vibração é uma oscilação mecânica que pode ser definido pela frequência e amplitude. Frequência é definida como a ciclos por unidade de tempo e é geralmente medido na unidade de hertz [ciclos por segundo]. Amplitude é definido como o meia diferença entre o máximo e o valor mínimo da oscilação periódica (Luo, McNamara & Moran, 2005)

Existem dois tipos de vibrações:

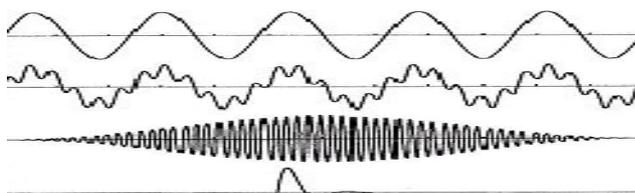
- *Vibrações do tipo Harmónico*: Todo movimento oscilatório que se repete em intervalos de tempo iguais, desenhando sempre a mesma trajectória, mantendo sempre a mesma velocidade e aceleração e em que o intervalo de tempo para que um ponto se encontre duas vezes na mesma posição é sempre igual. São ondas estáveis.

Este tipo de vibração produz uma sensação de prazer, como por exemplo a de um músico a tocar o seu instrumento.

- *Vibrações Não Harmónicas*: são irregulares e não repetitivas em termos amplitude, frequência, duração.

Produzem sensações desagradáveis, como aquelas produzidas por um aprendiz de música a tocar um violino pela primeira vez ou como as provenientes de um tremor de terra.

Vibração Harmónica



Vibração não Harmónica

Fig. 1 – Vibração Harmónica e não Harmónica

A plataforma vibratória produz vibrações do tipo harmónico, no plano vertical (Y) e sagital (Z, frente e trás) (Abercromby *et al.*, 2007).

PowerPlate®, plataforma que foi utilizada neste estudo, produz também vibrações no plano frontal (X, para os lados).

A vibração vertical é a única que é mensurável e é aquela que produz a maior parte dos benefícios e adaptações relacionados com a Power Plate®, já que é aquela que mais se relaciona com a força vertical que nos mantém colados à Terra, a gravidade.

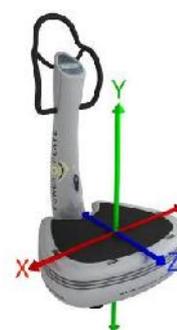


Fig. 2 – Planos da plataforma

A vibração residual (frontal e sagital) desafia a estabilidade e o equilíbrio, estimulando os proprioceptores, os receptores sensitivos através dos quais o nosso corpo se relaciona com o mundo (Ranchhod, 2007).

A intensidade de uma vibração pode ser avaliada através da sua frequência e da sua amplitude. A frequência de uma vibração refere-se ao número de ciclos realizados por segundo, à velocidade, ao número de vezes por segundo que a oscilação se repete e pode variar entre os 30 Hz e os 50 Hz (Jordan *et al.*, 2005).

A amplitude refere-se à distância percorrida em cada oscilação, desde o seu ponto máximo ao seu ponto mínimo e classifica-se em Low, de 2 mm, e em High, de 4 mm (Jordan *et al.*, 2005).

Tal como foi mencionado acima, as vibrações estão constantemente presentes no mundo que nos rodeia externamente e até no nosso mundo interior. O nosso organismo vibra também a uma determinada frequência, e esta varia entre os 5 e os 20 Hz, dependendo da estrutura ou órgão, e da sua composição (Ranchhod, 2007).

O WBV produz vibrações superiores às do próprio corpo humano, não causando qualquer interferência no seu funcionamento e permitindo uma utilização segura. A amplitude, situada entre os 2 mm e os 4 mm, é pequena e de baixo impacto articular (Ranchhod, 2007).

Assim, as vibrações de elevada frequência e baixa amplitude produzidas pela plataforma vibratória, proporcionam treinos eficazes e acessíveis a um leque maior da população. O WBV é passível de ser utilizada pelas pessoas mais descondicionadas, com limitações físicas, necessidades especiais ou idosas, para quem a participação num treino convencional se tornaria extremamente complicada, dolorosa, ou mesmo impossível (Ranchhod, 2007).

A duração da vibração também é um factor que deve ser considerado na análise do efeito do treino de vibração. Se a estimulação por vibração é de curta duração, resultando na capacidade neuromuscular, sem fadiga, qualquer acessório é indicativo de um aumento no desempenho neuromuscular através da estimulação de vibração. Com o aumento na duração da vibração, a fadiga torna-se mais predominante. Portanto, um aumento no desempenho neuromuscular, acima de uma condição de vibração não, medido no estado de descanso, ainda indicam um efeito facilitador de vibração. No

entanto, uma diminuição no desempenho neuromuscular medida se estiver cansado pode ser devido a: um aumento no desempenho neuromuscular no início do exercício, resultando em maior fadiga, que pode ser visto positivamente, ou um efeito de inibição da vibração na capacidade neuromuscular (Luo, McNamara & Moran, 2005).

2.6. Resposta Neuro-Fisiológica à Vibração

Ao efectuar exercícios sobre uma plataforma vibratória, o corpo encontra-se sobre uma plataforma que está a produzir vibrações a uma velocidade elevada. Este ambiente induz uma resposta reflexa por parte do nosso organismo, através de um elevado número de contracções musculares, de forma a fazer frente a esta instabilidade e a manter o corpo numa posição vertical.

Esta é uma reacção instantânea, feita sem pensar. Trata-se de um reflexo de protecção / defesa que o nosso corpo possui para situações de perigo e o processo neurológico que está por trás do mesmo denomina-se de *Arco Reflexo*.

A constante subida e descida da plataforma sob o corpo produz nos músculos um ciclo constante de alongamento-encurtamento, estimulando uns receptores musculares chamados de *Fusos Neuromusculares*. Os fusos são uns mecanorreceptores musculares especializados em detectar toda e qualquer alteração no comprimento do músculo e a velocidade a que a mesma alteração ocorre.

Estão situados no interior do tecido, alinhados paralelamente com as fibras musculares.

Quando os fusos neuromusculares são estimulados, a informação segue para o sistema nervoso central, para a Medula Espinal, (*via aferente*) através dos nervos sensitivos tipo Ia. Estas fibras nervosas são de grande calibre e logo possuem grande capacidade de enviar impulsos nervosos a alta velocidade.

A medula recebe a informação, analisa-a e prepara a resposta adequada ao estímulo recebido.

O sinal de resposta é enviado para o músculo (via eferente) através dos nervos motores (motoneurónios α e γ)

(Pezarat, 1999; Ranchhod, 2007)

2.7. Reflexo Miotático

A estimulação do fuso neuromuscular (alongamento rápido músculo) induz uma resposta reflexa de contracção muscular. Este reflexo denomina-se *reflexo miotático*.

Esta contracção muscular pode ser mais ou menos intensa dependendo da intensidade do estímulo.

Um estímulo fraco desencadeia uma resposta menos forte, isto é, uma contracção muscular menos intensa, executada maioritariamente pelas fibras musculares com menor capacidade, as fibras musculares do tipo I. Um estímulo forte origina uma contracção muscular mais poderosa, recrutando para além das fibras tipo I (também denominadas de fibras lentas ou vermelhas) as fibras de tipo II (brancas ou rápidas).

Como a frequência de vibração das plataformas vibratórias é elevada há um recrutamento tanto de fibras musculares rápidas como de lentas.

O reflexo miotático é o mais rápido reflexo desencadeado pelo nosso corpo e não tem qualquer intervenção dos centros superiores do sistema nervoso (encéfalo). É um reflexo monossináptico medular, não tem intermediários entre o neurónio sensitivo e o neurónio motor, e apresenta uma duração total de 25 a 30 ms.

Quando o fuso é estimulado de forma cíclica através de uma vibração do tipo harmónico (como a que as plataformas vibratórias produzem) desencadeia uma série de contracções musculares rítmicas, especificamente relacionadas com um estímulo vibratório, denominado Reflexo Vibratório Tónico (RVT), e que leva a que o músculo se contraia ao mesmo ritmo que o das vibrações produzidas pela plataforma vibratória, isto é, entre 25 a 50 vezes por segundo.

Na plataforma vibratória, o RVT só é desencadeado se os músculos estiverem previamente em tensão, isto é, se o músculo se encontrar em estado de contracção prévia para que o fuso neuromuscular possa ser estimulado.

Caso contrário a vibração é propagada na vertical sem ocorrer benefício, adaptação ou estimulação neuromuscular.

(Pezarat, 1999; Ranchhod, 2007)

2.8. Produção de Força

O cálculo da força necessária para mudar a trajectória de determinado corpo faz-se através da 2ª lei de Newton, a lei da Aceleração:

F (força) = **m** (massa) × **a** (aceleração)

Newton = Kg × m/s²

Num treino convencional a aceleração a que nós estamos sujeitos, assim como a da matéria que queremos mover, é só uma e refere-se àquela que nos mantém presos ao chão, a força da gravidade.

A aceleração constante que a Terra nos impõe é de 9,81 m/s², o equivalente a 1G.

Quando se quer aumentar a produção de força só resta uma variável para manipular, a massa. Para aumentar os níveis de força aumenta-se a carga que se quer levantar.

Na Power Plate® os ciclos oscilatórios rápidos da plataforma produzem um campo gravitacional aumentado. A Universidade de Leuven (2003), citado por Ranchhod, (2007), mediu através de um acelerómetro a aceleração produzida pela plataforma nas diferentes opções de frequência e amplitude e a força gravitacional correspondente.

Amplitude	Frequência (Hz)	Força Gravitacional (G)	Aceleração (m/s²)
Low (2mm)	30	1,83	18.00
	35	2,32	22.80
	40	2,76	27.10
	50	3,48	34.10
High (4mm)	30	3,17	31.10
	25	3,99	39.10
	40	5,11	50.09
	50	6,36	62.40

Tabela 1 – Aceleração nas diferentes opções de frequência, amplitude e força gravitacional

Assim sendo, o aumento da força já não está apenas limitado ao aumento da carga e da massa. Os treinos ficam assim mais enriquecidos e tem-se mais um instrumento de trabalho capaz de introduzir uma variável nova que convencionalmente não existe: o *Treino por Aceleração*TM.

(Ranchhod, 2007)

2.9. Quadríceps crural

É um músculo muito volumoso, constituído por quatro porções: recto anterior, vasto externo, vasto interno e crural.

Na sua origem, as quatro porções são perfeitamente individualizadas, reunindo-se depois num tendão comum que se insere na rótula.

O músculo recto anterior é o mais superficial, inserindo-se, por um tendão directo (Caput rectum), na espinha ilíaca Antero-inferior e, por um tendão reflectido (Caput reflexum), na porção superior do rebordo cotiloideu.

O músculo vasto externo insere-se na face externa do grande trocânter e no lábio externo da linha áspera do fémur.

O músculo vasto interno insere-se no ramo interno da trifurcação superior da linha áspera e no lábio interno da linha áspera do fémur.

O músculo crural está situado atrás dos vastos, inserindo-se no lábio externo da linha áspera e nos três quartos superiores das faces anterior e pósterio-externa do corpo do fémur.

Os tendões de terminação das quatro porções do quadríceps crural reúnem-se por cima da rótula, constituindo o tendão do quadríceps. Este tendão insere-se na base e nos bordos laterais da rótula e na tuberosidade anterior da tíbia.

Pode encontrar-se ainda o músculo subcrural, constituído por feixes aberrantes do crural. Situa-se atrás do músculo crural e insere-se, em cima, na face anterior do fémur e, em baixo, na bolsa serosa subquadrípital.

(Pina, 1995)

2.10. Importância de ter um Quadríceps Forte

A fraqueza do quadríceps, persistente após lesão no joelho ou cirurgia, é frequentemente descrita por vários autores. Para obter um desempenho normal da articulação do joelho é de extrema importância ter um bom funcionamento deste músculo, por isso, uma componente essencial na recuperação com a finalidade de obter uma função normal do quadríceps é restaurar todas as alterações presentes após lesões nas articulações do joelho (Hart, 2010).

2.11. Varismo e Valgismo

O joelho é a articulação mais complexa em termos biomecânicos do corpo humano, e uma das mais simples em termos funcionais. Por estar localizado entre a coxa e a tíbio-társica, sofre influências posturais dessas articulações, além de todas as estruturas ósseas e tecidos moles que por ele passam, sendo, portanto, facilmente desalinhado.

Kapandji (1987), afirma que o ângulo Q é representado pela medida do ângulo entre o eixo diafisário do fémur e da tíbia, lateralmente, sendo o seu valor fisiológico aproximadamente 170°. Quando o valor do ângulo aumenta para cerca de 180°, caracteriza-se como um joelho em varo, pelo contrário, quando o mesmo diminui para cerca de 165°, denomina-se joelho em valgo. Esse ângulo descreve a excursão lateral ou o efeito de estrangulamento que o músculo quadríceps e o tendão rotuliano têm sobre a rótula (Kapandji, 1987; Smith, Weiss & Mukhl, 1997 & Kisner, 2005).

Quando o valor do ângulo frontal do joelho está muito acentuado, por factores como fracturas, infecção, doenças osteometabólicas (como raquitismo resistente à vitamina D), tíbia vara, displasia fibrosa óssea e síndromes genéticas, predispõe a articulação a condições patológicas de varismo ou valgismo (Volpon, 1995).

O valgismo exagerado do joelho provoca encurtamentos das estruturas músculo-ligamentares, assim como o alongamento e fraqueza do músculo vasto. Com isso, associado a maior potência do músculo vasto externo em detrimento ao interno durante acções de contracção, com desalinhamento do ligamento rotuliano e tendão do quadríceps, a rótula é então traccionada lateralmente, predispondo a subluxação e luxação da rótula (Prentice, 2003; Calvete, 2004 & Kisner, 2005).

No varismo, a carga compressiva resultante anormal ocasiona aumento do stress de contacto no prato tibial externo em detrimento da diminuição da área de contacto no prato tibial interno (Nordin & Frankel, 2003).

Tal desequilíbrio de forças resulta numa sobrecarga dos estabilizadores secundários do joelho, alongamento da cápsula, do ligamento colateral lateral e da aponevrose do tensor da fáscia lata. O alongamento e a tensão dessa aponevrose levam a uma fraqueza

do grupo muscular externo da coxa e, conseqüentemente, perda da estabilidade lateral. Isto pode desenvolver a “Síndrome da fásia lata”, onde o estado de tensão dessa aponevrose repercute em maior atrito sobre o epicôndilo lateral do fémur durante os movimentos de flexão e extensão, que pode resultar em processo inflamatório local (Nordin & Frankel, 2003).

3. Metodologia

O presente estudo trata-se de um estudo quasi-experimental com um período de intervenção de 6 semanas, 3x/semana. Os objectivos para este estudo estão divididos em gerais e específicos:

Objectivos Gerais:

- Verificar o aumento da força muscular do quadríceps com a realização de exercícios de fortalecimento na plataforma vibratória – WBV

Objectivos Específicos:

- Perceber se os parâmetros utilizados no programa de treino apresentam melhores resultados em comparação com os estudos anteriormente publicados;
- Nos grupos em estudo verificar em qual se manifesta um aumento maior da força muscular do quadríceps.

A amostra foi seleccionada por conveniência do universo de estudantes universitários da Grande Lisboa num total de 21 indivíduos.

Foram seleccionados sujeitos com idade compreendida entre 19 anos e 24 anos e foram distribuídos por 3 grupos: grupo de controlo (GC) (sem plano de intervenção); grupo de exercícios numa plataforma vibratória (GEP) para fortalecimento do quadríceps e grupo de exercícios no solo (GES) (sem plataforma vibratória) para fortalecimento do quadríceps.

Os participantes eram sujeitos saudáveis sem cormobilidades que impeçam a prática de actividade física.

Não puderam participar neste estudo sujeitos com valgismo e varismo, alterações neurológicas, fracturas recentes e que praticassem actividade física regularmente (\geq a 3 horas por semana).

Foi elaborada uma declaração de consentimento informado específico para cada um dos grupos (apêndice 1,2 e 3) em que todos os participantes foram informados do desenho de estudo e tiveram de assinar para participar no referido estudo.

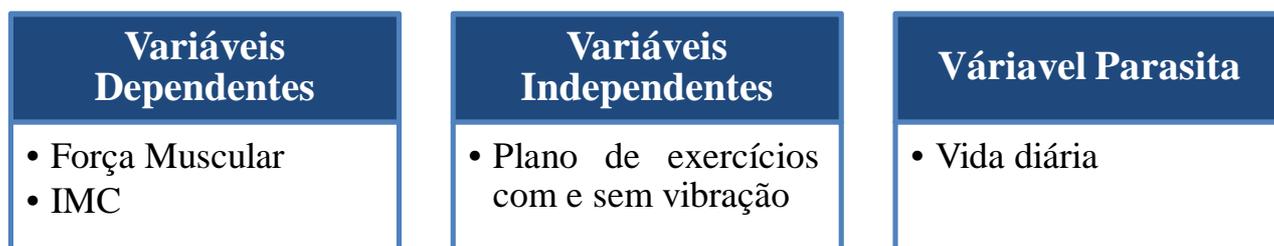
Os participantes foram avaliados em três momentos distintos:

Semana 0 – antes da implementação do plano de intervenção

Semana 3 – a meio do plano de intervenção

Semana 6 – no final da intervenção

O presente estudo apresenta 3 tipos de variáveis:



Para o aumento da força muscular não foram encontrados muitos estudos com programa de treinos utilizando o WBV. Este estudo foi baseado em protocolos semelhantes que resultaram numa mudança significativa no desempenho do músculo, e de acordo com as linhas de orientação de prescrição do exercício do *American College of Sport Medicine* (ACSM, 2009)



(Torvinen *et al.*, 2002; Delecluse, Roelants & Verschueren, 2003)

Como método de avaliação da força muscular foi utilizado o método de Repetição Máxima (1 RM), que tem como objectivo encontrar a carga máxima com que o indivíduo conseguirá realizar apenas uma repetição de determinado exercício. Foram realizadas três avaliações ao longo deste estudo: a primeira antes do início do estudo, para perceber a força base de cada indivíduo, a segunda avaliação será quando

estivermos a meio do estudo e uma avaliação no final do programa de exercícios. Com estas três avaliações pretendeu-se perceber se houve ou não aumento da força muscular no quadríceps e se houve em que fase esse aumento foi mais rápido. Esta avaliação foi realizada através de equipamento de fortalecimento do quadríceps – *Leg press*.

Cada participante realizou várias repetições até não conseguir realizar mais nenhuma. De acordo com o número de repetições realizadas e com o peso que conseguiu suportar chegou-se ao 1-RM através da seguinte fórmula:

$$1\text{-RM} = (\text{peso levantado}) / [1,0278 - (\text{n}^\circ \text{ de repetições até falha muscular} \times 0,0278)]$$

(Brzycki, 1993, citado por Heyward, 2010)

Para a realização da avaliação através do *leg press*, os participantes foram informados de todas as recomendações e instruções necessárias:

Instruções:

1. Definir a máquina com um peso menor do que a quantidade que o participante acredite que pode pressionar;
2. Ajustar o assento antes de aplicar qualquer força para que os joelhos se mantenham com um ângulo de 70° de flexão;
3. Agarrar o apoio de lado e empurrar com as pernas até os joelhos ficarem com 0° de flexão.
4. Descansar por alguns minutos, em seguida, repetir o exercício com maior carga que a aplicada no início. Provavelmente o participante levará várias tentativas para determinar a quantidade máxima de peso que consegue pressionar. De seguida será atribuída uma

classificação de acordo com os quadros “Leg Strength” e “Standart Values for Leg Press Stregth in 1-RM / Body Weight Ratio” (anexo 1).

Também se analisou o Índice de Massa Corporal (IMC) utilizando a fórmula $[IMC = (PESO) / (ALTURA^2)]$, e para tal foram recolhidos os dados da altura e peso de cada participante.

O valor de IMC de cada indivíduo foi analisado juntamente com um quadro (anexo 2) percebendo assim se tem o peso ideal ou se está com mais ou menos peso que o recomendado consoante a altura e peso de cada um.

Altura - o indivíduo foi posicionado no estadiómetro de modo a que somente os calcanhares e nádegas entrem em contacto com a placa vertical, e o corpo foi posicionado verticalmente acima da cintura. Os braços soltos ao longo do tronco com as palmas da mão voltadas para as coxas.

O indivíduo foi orientado a inspirar profundamente e ficar totalmente erecto, sem alterar a posição dos calcanhares. A cabeça de sujeito era mantida no Plano Horizontal de Frankfurt, enquanto o examinador baixava a barra horizontal firmemente à coroa da cabeça com suficiente pressão para comprimir o cabelo, para obter uma maior precisão da medição (Westat, 1988).

Peso – foi quantificado numa balança electrónica digital e que se apresentava no modo Kg. O visor digital marcava 00,00 Kg antes de o indivíduo se colocar em cima, no centro da balança (Westat, 1988).

Estas medições (altura e peso) foram realizadas duas vezes por avaliação para diminuir a margem de erro.

Também se recolheram dados sócio-demográficos (apêndice 2) para apresentar no final do estudo com todas as informações sobre os valores finais da participação de cada participante.

O programa de intervenção foi programado em conjunto com a Directora da PowerPlate® em Portugal, Sheila Ranchhod.

Quanto ao programa de intervenção aplicado era composto por 4 exercícios estáticos, para os dois grupos de intervenção.

- Apoio unipodal com 70° de flexão do joelho
- Agachamento com 90° de flexão do joelho
- Agachamento com bola
- *Lunge*

GEP – Exercícios numa plataforma vibratória para fortalecimento do Quadríceps				
Semana	Nº de Séries	Duração dos exercícios	Frequência (Hz)	Amplitude (mm)
1	1	45 Segundos	35	<i>Low – 2</i>
2	2		35	<i>Low – 2</i>
3	2		*	<i>Low – 2</i>
4	3		*	<i>Low – 2</i>
5	3		*	*
6	3		*	*

Tabela 2 – Plano de treino em plataforma vibratória

(*) Na semana 3 a 6 a frequência pode era ajustada a cada participante, bem como a amplitude. Dependendo sempre da tolerância ao esforço de cada participante.

Para o GEP, a plataforma utilizada neste estudo foi uma *PowerPlate: AIRdaptive™ pro5™*. Esta plataforma apresentava frequências que variavam dos 30 aos 50 Hz, apresentava três programas de tempo (30, 45 e 60 segundos) e em relação à amplitude, classificava-se em Low, de 2 mm, e em High, de 4 mm.

GES – Exercícios sem plataforma vibratória para fortalecimento do Quadríceps			
Semana	Nº de Séries	Duração dos exercícios	Carga
1	1	45 Segundos	5 Kg
2	2		*
3	2		*
4	3		*
5	3		*
6	3		*

Tabela 3 – Plano de treino em solo

(*) A carga aplicada durante cada exercício era ajustada ao longo das semanas a cada participante, dependendo da tolerância ao esforço.

No grupo de exercícios no solo, o tempo foi medido através de um cronómetro digital.

Todo este procedimento era realizado em ambiente de ginásio.

4. Resultados

A população abrangida no estudo foi de 21 pessoas, com idades compreendidas entre os 19 e os 24 anos, com uma média de 21,86 anos ($DP \pm 1,24$), sendo que 17 (81%) eram do sexo feminino e 4 (19%) do sexo masculino.

No Grupo de Exercícios no Solo foram analisadas 7 pessoas, com idades compreendidas entre os 20 e os 22 anos, com uma média de idades de 21,14 anos ($DP \pm 0,69$), sendo que 6 (85,7%) eram do sexo feminino e 1 (14,3%) do sexo masculino. No Grupo de Exercícios na Plataforma foram analisadas 7 pessoas com idades compreendidas entre os 19 e os 23 anos sendo a média de 21,71 anos ($DP \pm 1,50$), em que 5 (71,4%) eram do sexo feminino e 2 (28,6%) do sexo masculino. Por fim, no Grupo de Controlo foram analisadas novamente 7 pessoas, com idades compreendidas entre os 21 e os 24 anos, em que a média de idades era de 22,71 anos ($DP \pm 0,95$), sendo que 6 (85,7%) eram do sexo feminino e 1 (14,3%) do sexo masculino.

Grupo	Nº Participantes	Género	Faixa Etária
GES	7	6 ♀ (85,7 %) 1 ♂ (14,3 %)	20 aos 22 Média 21,14 ($DP \pm 0,69$)
GEP	7	5 ♀ (71,4 %) 2 ♂ (28,6 %)	19 aos 23 Média 21,71 ($DP \pm 1,50$)
GC	7	6 ♀ (85,7 %) 1 ♂ (14,3 %)	21 aos 24 Média de 22,71 ($DP \pm 0,95$)
Total	21	17 ♀ (81 %) 4 ♂ (19 %)	19 aos 24 anos Média de 21,86 ($DP \pm 1,24$)

Tabela nº 4 - Caracterização dos sujeitos (nº de sujeitos, género e faixa etária. Os dados são em média ($\pm DP$))

Foi utilizado o programa *Statistical Package for Social Sciences*® (SPSS) versão 19.0 para *Microsoft Windows*® para a construção da base de dados e posterior análise estatística.

Foram realizadas estatísticas descritivas como médias, valores mínimos e máximos e desvio padrão (DP) para variáveis quantitativas.

	Peso (kg)	Altura (m)	IMC (Kg/m ²)
GES			
Início	60,31 (8,58)	1,64 (0,06)	22,34 (3,38)
Meio	61,36 (8,78)	1,64 (0,06)	22,73 (3,47)
Fim	61,46 (8,26)	1,64 (0,06)	22,75 (3,14)
GEP			
Início	70,81 (19,28)	1,69 (0,06)	24,54 (5,39)
Meio	70,56 (19,81)	1,69 (0,06)	24,46 (5,38)
Fim	69,99 (19,32)	1,69 (0,06)	24,26 (5,41)
GC			
Início	58,23 (11,65)	1,66 (0,07)	21,34 (3,60)
Meio	58,04 (11,63)	1,66 (0,07)	21,27 (3,65)
Fim	57,99 (11,65)	1,66 (0,07)	21,25 (3,59)

Tabela nº 5 - Características Antropométricas dos sujeitos. Os dados são em média (±DP)

Analisou-se os resultados através da ANOVA, método estatístico que tem a finalidade de analisar a variância dos resultados das amostras em causa. No entanto verificou-se se havia homogeneidade de variâncias, através do teste de Levene, onde o resultado foi negativo. Havendo um resultado significativo no teste de ANOVA, foi necessário aplicar um teste Post Hoc, de forma a perceber entre que grupos se encontrava a

diferença assinalada. Não havendo homogeneidade de variâncias, não se pôde utilizar os testes mais comuns, como o de Sheffé, ou de Bonferroni, tendo sido utilizado o teste de Tamhane.

Foram realizadas três avaliações em momentos distintos: antes da implementação do plano de intervenção, a meio do plano de intervenção e a última avaliação decorreu no final da intervenção. Com estes três momentos de avaliação pretendia-se perceber em que etapa do plano de intervenção se obtinha um maior ganho da força muscular ou se esse aumento era desenvolvido de forma constante.

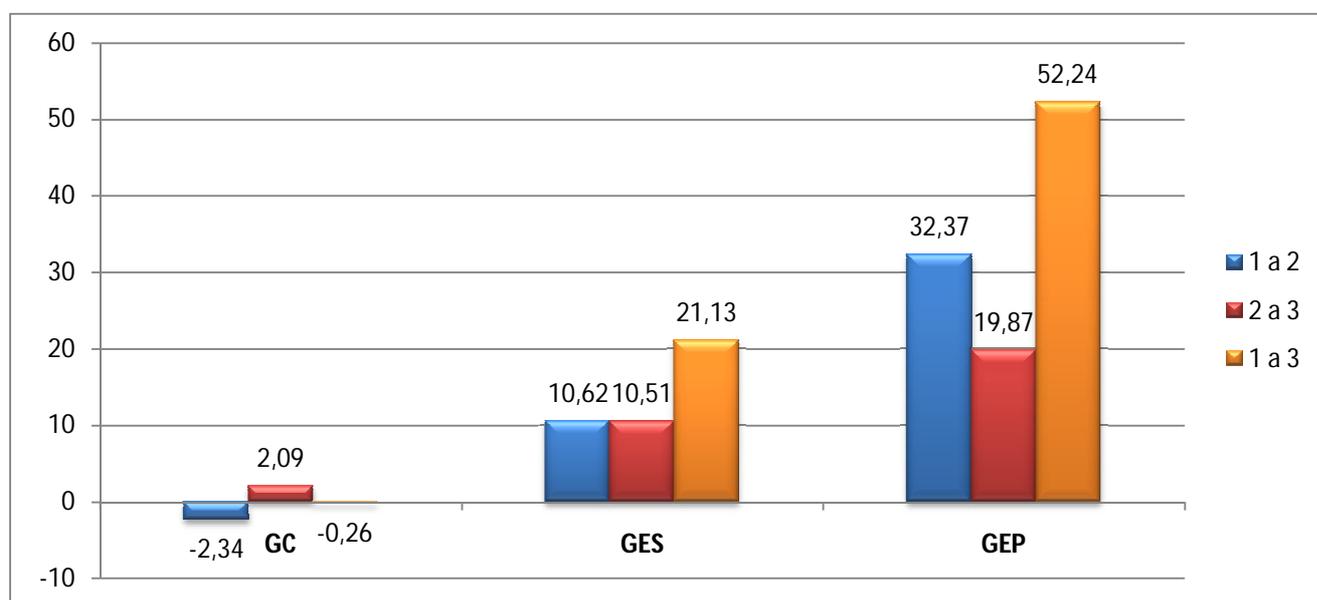


Fig. 3 – Ganhos da força muscular nas avaliações dos diferentes grupos (Kg)

Passando à análise dos resultados constata-se que o GES obteve um ganho de força muscular, em média, de 10,62 Kg da primeira para a segunda avaliação e de 10,51 Kg da segunda para a terceira avaliação, ou seja podemos considerar que houve um aumento constante.

Para o GEP, o ganho de força muscular foi, em média, de 32,37 Kg da primeira para a segunda avaliação enquanto que da segunda para a terceira avaliação houve um aumento de 19,87 Kg nos participantes deste grupo. Este aumento não foi constante, uma vez que houve um maior aumento na fase inicial.

Analisando os resultados da primeira avaliação (antes da implementação do plano de intervenção) para a terceira avaliação (final da implementação do plano de intervenção) através do teste de Tamhane, os dois grupos experimentais (GES e GEP) comparados entre si, apresentam um nível de significância de 0,061. Sabendo que para se considerar um resultado estatisticamente significativo o valor de significância tem de ser \leq que 0,05, podemos concluir que este resultado não é significativo. Contudo analisando os resultados do GC conclui-se, com os resultados apresentados, que houve um nível de significância alto comparado com os dois grupos experimentais, uma vez que comprando o GC com o GES o nível de significância é de 0,001 e comprando com o GEP o nível de significância é de 0,006.

Apesar dos valores de significância referidos anteriormente não serem estatisticamente significativos, houve uma diferença assinalável dos valores de ganho da força muscular nos resultados obtidos entre os dois grupos experimentais (GES e GEP). No GES houve um aumento total em média de 21,13 Kg (DP \pm 8,68) com valores compreendidos entre os 7,79 e os 29,11 Kg. No GEP houve um aumento total em média de 52,24 Kg (DP \pm 26,60) com valores compreendidos entre os 25,14 e os 97,26 Kg.

Estes resultados acabam por ser interessantes, uma vez que, comparando os dois grupos e tendo em conta que o plano de intervenção e a frequência dos treinos foi a mesma, há um maior aumento da força muscular no GEP.

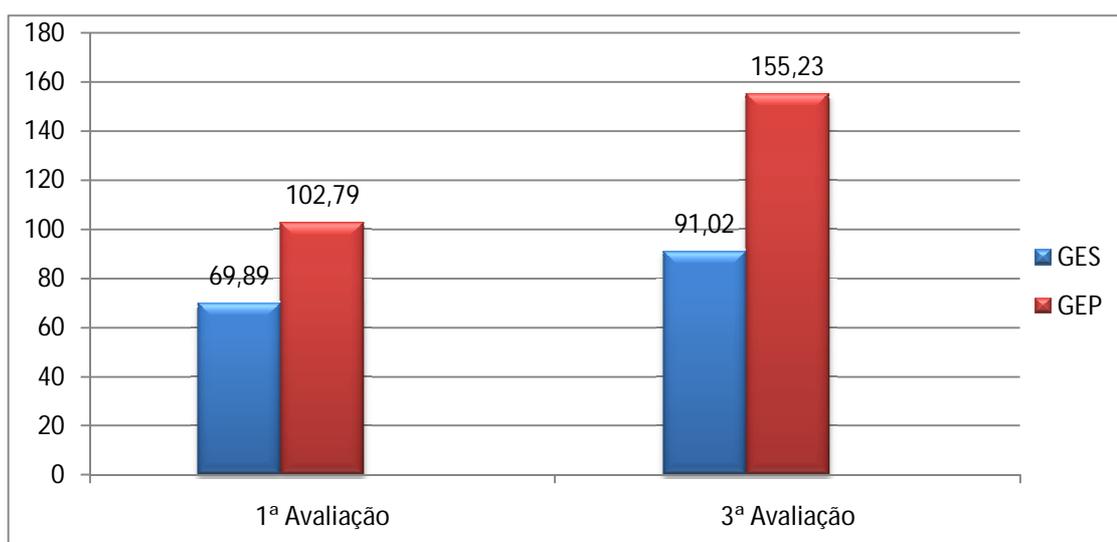


Fig. 4 – Nível de Força (valor em média) do GES e GEP na 1ª e 3ª Avaliação (Kg)

Analisando os resultados obtidos para os intervalos de 1-2 e 2-3 obteve-se as mesmas conclusões em relação ao intervalo 1-3. É possível verificar através da análise descritiva que houve uma diferença na média dos resultados do GEP, mas esse aumento continua a não ser significativo.

Observando os resultados da primeira avaliação (antes da implementação do plano de intervenção) em simultâneo com os da segunda avaliação (meio da implementação do plano de intervenção) através do teste de Tamhane, os dois grupos experimentais (GES e GEP), apresentam um nível de significância de 0,067. Contudo analisando os resultados do GC verifica-se que houve um nível de significância alto comparado com os dois grupos experimentais, uma vez que comprando o GC com o GES o nível de significância é de 0,003 e comprando com o GEP o nível de significância é de 0,008.

Analisando agora os resultados da segunda avaliação para a terceira avaliação, os dois grupos experimentais (GES e GEP) comparados entre si, apresentam um nível de significância de 0,357. Comparando, agora, os resultados do GC com o GEP, verificamos que o valor de significância é de 0,025, em contrapartida, uma análise dos resultados do GC com o GES remete-nos para um valor estatisticamente não significativo, dado que o nível de significância é de 0,136, valor que ultrapassa em muito os 0,05.

Apesar dos valores de significância referidos anteriormente, não permitem estatisticamente assinalar uma diferença significativa nos resultados obtidos entre a avaliação 1-2 e 1-3, entre dois grupos experimentais (GES e GEP), podemos referir que houve um maior aumento no GEP.

Entre a primeira avaliação e a segunda do plano de intervenção, houve um aumento, em média, de 10,62 Kg (DP \pm 6,15) no GES, em que o valor mínimo foi de 1,87 Kg e o máximo de 21,00 Kg. Para o GEP houve um aumento, em média, de 32,37 Kg (DP \pm 8,68) sendo o valor mínimo de 7,50 Kg e o máximo de 58,07 Kg. Com estes resultados podemos verificar que o GEP obteve um aumento maior que o GES, cerca de 21,75 Kg.

Entre a segunda avaliação, realizada precisamente a meio do plano de intervenção, e a avaliação final houve um aumento, em média, de 10,51 Kg (DP \pm 8,95) no GES, em que o valor mínimo foi de 0,99 Kg e o máximo de 24,89 Kg. Para o GEP houve um aumento, em média, de 19,87 Kg (DP \pm 12,34) sendo o valor mínimo de -0,99 Kg e o máximo de 39,19 Kg. Com estes resultados podemos verificar que o GEP obteve um aumento maior que o GES, em cerca de 9,36 Kg.

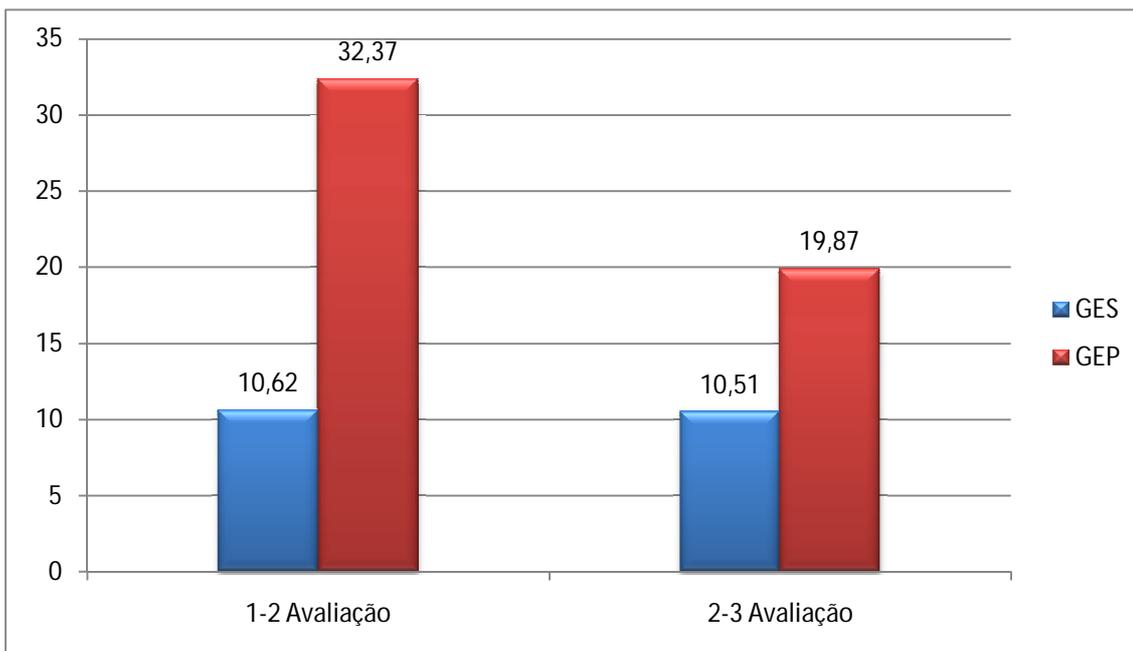


Fig. 5 – Ganhos musculares, valores em média, do GES e GEP nas avaliações (Kg)

5. Discussão de Resultados

Os objectivos propostos para este estudo eram verificar o aumento da força muscular do quadríceps com a realização de exercícios de fortalecimento na plataforma vibratória – WBV; perceber se os parâmetros utilizados no programa de treino apresentavam melhores resultados em comparação com os estudos anteriormente publicados; e verificar em qual dos grupos se manifestava um maior aumento da força muscular do quadríceps.

Este estudo investigou os efeitos de um treino composto por quatro exercícios estáticos, em indivíduos sedentários e saudáveis, com idades compreendidas entre os 19 e os 24 anos, para o aumento da força muscular do quadríceps num período de 6 semanas, com uma frequência de três sessões por semana.

Nos grupos sujeitos ao plano de intervenção verificou-se um aumento total de 28,9% da força muscular no GES e um aumento total de 71,4% no GEP. Apesar de estatisticamente os dados não serem significativos, por apresentarem um nível de significância $> 0,05$ como foi possível ver nos resultados, individualmente, estas percentagens indicam um ganho considerável de força muscular no GEP, o que pode ser um grande potencial no contexto terapêutico, podendo assim reduzir o tempo de recuperação do utente.

Um dos objectivos para este estudo era verificar em qual dos grupos se manifestava um maior aumento da força muscular do quadríceps, tendo em conta que a diferença obtida entre os grupos não se mostrou significativa ($p > 0,05$) não é possível isolar um grupo quanto ao ganho de força muscular.

Como era de esperar não se observou qualquer alteração ao nível do GC, pois este não foi sujeito a qualquer tipo de intervenção ao longo das seis semanas de estudo. Estes resultados enquadram-se em estudos já publicados (Boland *et al.*, 2009; Delecluse, Roelants & Verschueren, 2003 & Rees, Murphy & Watsford, 2008).

Também Boland *et al.* (2009), investigou o efeito do treino de resistência muscular, num grupo 24 participantes, sendo 22 do sexo feminino e 2 do sexo masculino. Para tal

os participantes foram divididos aleatoriamente em dois grupos, um executou o seu plano de treino numa plataforma vibratória (PP) o outro sem o uso dessa plataforma (FW). Este estudo foi desenvolvido durante o período de 6 semanas, 3x/semana e o plano de intervenção era composto por cinco exercícios. Estes autores observaram um aumento da resistência muscular em ambos os grupos. No grupo PP no início apresentava 26.1 ± 15.4 e no final 33.5 ± 15.5 . No grupo FW apresentava no início 30.5 ± 24.3 e no final 39.8 ± 23.2 . Esse aumento comparado entre si não se mostrou significativo ($p > 0,05$), tal como aconteceu no estudo que é aqui apresentado.

Por outro lado um estudo desenvolvido por Delecluse, Roelants & Verschueren (2003), com o objectivo de investigar o efeito de 12 semanas de treino com WBV e de treino sem WBV para a força do quadríceps, observou-se um aumento significativo em ambos os grupos ($p < 0,001$).

Apesar destes autores concluírem que os resultados obtidos na força, e mais especificamente na força isométrica, melhorou significativamente após o treino com WBV, não é possível afirmar qual o grupo que obteve maiores ganhos pois não é feita nenhuma comparação entre si.

Há no entanto um estudo que embora realizado numa população idosa, com idades compreendidas entre os 66 e os 85 anos, pretendia verificar qual o efeito do WBV nas articulações do membro inferior e que obteve resultados curiosos. Apenas na articulação da tíbio-társica se obteve ganhos bastante significativos ($p < 0,01$) (Rees, Murphy & Watsford, 2008). Nas restantes articulações os resultados são comparáveis com o estudo efectuado por Boland *et al.*, (2009) e com o estudo aqui apresentado.

É evidente que há diferenças nos métodos dos diferentes estudos aqui apresentados e portanto a comparação directa tem de ser acautelada. Pois, enquanto vários autores aplicaram nos seus estudos dois testes, um antes da implementação do programa de intervenção e outro no final do programa de intervenção, no estudo aqui apresentado foi feita uma avaliação intermédia, com a finalidade de perceber se durante as seis semanas de intervenção o aumento da força muscular desenvolveu-se de forma constante ou se houve um pico no desenvolvimento nas primeiras ou nas últimas três semanas

(Delecluse, Roelants & Verschueren, 2003; Rees, Murphy & Watsford, 2008 & Boland *et al.*, 2009).

Esta avaliação intermédia permitiu verificar que para o GES o aumento da força muscular desenvolveu-se de forma constante, uma vez os valores obtidos são idêntico nas primeiras três semanas comparativamente com as três últimas, o mesmo não se verificou com o GEP, onde houve um aumento mais acentuado nas primeiras três semanas do que nas três últimas.

É plausível que esse aumento resultante de adaptações neurais, podendo ser atribuído a uma utilização mais eficiente da informação sensorial na produção de força (Delecluse, Roelants & Verschueren, 2003).

Em relação ao plano de intervenção, aos parâmetros utilizados (frequência, intensidade e amplitude) na plataforma vibratória e à frequência e duração das sessões, ainda é difícil chegar a um consenso sobre qual será o melhor método de treino, pois cada autor apresenta um método diferente, obtendo resultados positivos (Torvinen *et al.*, 2002; Boland *et al.*, 2003; Delecluse, Roelants & Verschueren, 2003 & Rees, Murphy & Watsford, 2008).

Posso concluir, no entanto, que para o estudo aqui desenvolvido o plano de intervenção seleccionado, com uma duração de 6 semanas, 3x/ semana e os parâmetros seleccionadas na plataforma foram de encontro as expectativas, pois obtiveram-se resultados significativos ($p < 0,05$) nos grupos sujeitos a intervenção.

A descoberta mais significativa neste estudo foi de que houve um aumento na variável dependente, força muscular, em ambos os grupos, GES e GEP. O GEP tende a ter um número mais alto nos valores de 1-RM, mas essa diferença comparada com o GES não atingiu significância estatística. Estes resultados poderiam resultar numa diferença estatisticamente significativa se a amostra reunisse um maior número de participantes.

Efeitos do Whole-Body Vibration no aumento da força muscular do Quadríceps em indivíduos saudáveis - Licenciatura em Fisioterapia

6. Conclusão

Os resultados do presente estudo demonstraram que 6 semanas de treino no WBV produziram uma melhoria significativa na força muscular do quadríceps para um grupo de participantes saudáveis e sedentários.

Os indivíduos presentes no GES e no GEP tiveram ganhos na força muscular do quadríceps com diferenças estatisticamente significativas em cada um dos grupos. Nesta estudo podemos concluir que o WBV e a contracção muscular reflexa provocada, tem o potencial de induzir a um ganho na força do quadríceps.

Foram encontradas algumas limitações no decorrer desta investigação, por exemplo, a reduzida amostra presente no estudo, pode ter influenciado o nível de significância dos resultados obtidos, não permitindo por isso retirar conclusões significativas entre os grupos sujeitos ao plano de intervenção. Outra limitação encontrada esta relacionada com a avaliação dos participantes, pois foi utilizado o *leg press*, instrumento este que pode ter influenciado subjectivamente os resultados, por não ser muito preciso.

A variedade de diferentes treinos e protocolos de intervenção encontrados na literatura, como já foi referido anteriormente na discussão de resultados, tornam difícil determinar qual será a melhor opção para conduzir ao sucesso da intervenção, sendo por isso importante realizar mais pesquisas e mais estudos com a utilização do WBV, pois ainda é necessário esclarecer quais os parâmetros e planos de intervenção mais eficazes para o aumento da força muscular.

Efeitos do Whole-Body Vibration no aumento da força muscular do Quadríceps em indivíduos saudáveis - Licenciatura em Fisioterapia

7. Bibliografia

1. Abercromby, A., Amonette, W., Layne, C., McFarlin, B., Hinman, M., Paloski, W., (2007). 'Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training'. *Med Sci Sports Exerc.*, **39**, 10, pp. 1794-1800.
2. American College of Sports Medicine (2009). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. (8ª ed.). USA: Wolters Kluwer Health
3. Bautmans, I., Van Hees, E., Lemper, J.C. & Mets, T. (2005). '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 geriatrics*, pp. 5-17.
4. Bleeker, M., De Groot, P., Rongen, G., Rittweger, J., Felsenberg, D., Smits, P. & Hopman, M. (2005). 'Vascular adaptation to deconditioning and the effect of an exercise countermeasure: results of the Berlin Bed Rest study'. *Journal of applied physiology*, **99**, 4, pp. 1293–1300.
5. Blottner, D., Salanova, M., Püttmann, B., Schiffl, G., Felsenberg, D., Buehring, B. & Rittweger, J. (2006). 'Human skeletal muscle structure and function preserved by vibration muscle exercise following 55 days of bed rest'. *European journal of applied physiology*, **97**, 3, pp. 261–271.
6. Bogaerts, A., Verschueren, S., Delecluse, C., Claessens, A. & Boonen, S. (2007). 'Effects of whole body vibration training on postural control in older individuals: a 1 year randomized controlled trial'. *Gait & posture*, **26**, 2, pp. 309–316.
7. Boland, E., Boland, D., Carroll, T. & Barfield, W. (2009). 'Comparison of the Power Plate and Free Weight Exercises on Upper Body Muscular Endurance in College Age Subjects'. *Int. J. Exerc. Sci.*, **2**, 3, pp. 215-222.
8. Calvete, S. (2004). 'A relação entre alteração postural e lesões esportivas em crianças e adolescentes obesos'. *Motriz, Rio Claro*, **10**, 2, pp. 67-72.

9. Cochrane, D. & Stannard, S. (2005). 'Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players'. *British journal of sports medicine*, **39**, 11, pp. 860–865.
10. Cormie, P., Deane, R., Triplett, T. & McBride, J. (2006). 'Acute Effects of Whole-Body Vibration on muscle activity, Strength, and Power'. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **20**, 2, pp. 257–261.
11. Delecluse, C., Roelants, M. & Verschueren, S. (2003). 'Strength Increase after Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training'. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **35**, 6, pp. 1033–1041.
12. Gojanovic, B., Feihl, F., Liaudet, L., Gremion, G. & Waeber, B. (2011). 'Whole body vibration training elevates creatine kinase levels in sedentary subjects'. *Swiss Med Wkly*, **141**, w13222.
13. Hart, J., Pietrosimone, B., Hertel, J. & Ingersoll, C. (2010). 'Quadriceps Activation Following Knee Injuries: a systematic review'. *Journal of Athletic Training*, **45**, 1, pp. 87-97.
14. Heyward, V. (2010). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*. (6^a ed.). Leeds: Human Kinetics.
15. Johnell, O. & Eisman, J. (2004). 'Whole lotta shakin' goin' on'. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research* , **19**, 8, pp. 1205–1207.
16. Jordan, J. (2005). 'Good vibrations and strong bones?'. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*. **288**, 3, pp. 555–556.
17. Jordan, J., Norris, R., Smith, J., Herzog W. (2005). 'Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations'. *J Strength Cond Res.*, **19**, 2, pp. 459-466.

18. Kapandji, A.I. (2000). *Fisiologia Articular – Membro Superior*. (5ª ed.). São Paulo: Editora Medica Panamericana.
19. Kawanabe, K., Kawashima, A., Sashimoto, I., Takeda, T., Sato, Y. & Iwamoto, J. (2007). 'Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly'. *The Keio journal of medicine*, **56**, 1, pp. 28–33.
20. Kerschman-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V. & Imhof, H. (2001). 'Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume'. *Clinical physiology (Oxford, England)*, **21**, 3, pp. 377–382.
21. Kisner, C. (2005). *Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas*. (4ª ed.). São Paulo: Manole.
22. Lohman E., Petrofsky, J., Maloney-Hinds, C., Betts-Schwab, H. & Thorpe, D. (2007). 'The effect of whole body vibration on lower extremity skin blood flow in normal subjects'. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, **13**, 2, pp. 71–76.
23. Luo, J., McNamara, B. & Moran, K. (2005). 'The Use of Vibration Training to Enhance Muscle Strength and Power'. *Sports Med.*, **35**, 1, pp. 23-41.
24. Mahieu, N., Witvrouw, E., Van De Voorde, D., Michilsens, D., Arbyn, V. & Van Den Broecke, W. (2006). 'Improving strength and postural control in young skiers: whole-body vibration versus equivalent resistance training' *Journal of athletic training*, **41**, 3, pp. 286–293.
25. Merriman, H. & Jackson, K. (2009). 'The Effects of Whole-Body Vibration Training in Aging Adults: A Systematic Review'. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, **32**, 3, pp. 134-145.
26. Nordin, M., Frankel, V. (2003). *Biomecânica Básica do Sistema Músculoesquelético*. (3ª ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

27. Oliveri, D., Lynn, K. & Hong, C. (1989). 'Increased skin temperature after vibratory stimulation'. *American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists*, **68**, 2, pp. 81–85.
28. Pezarat C. P. (1999). *Anatomofisiologia-Tomo II*. FMH Edições.
29. Pina, J. A. (1995). *Anatomia Humana da Locomoção*. Lisboa: LIDEL.
30. Prentice, W. (2003). *Técnicas em reabilitação musculoesquelética*. (1ª ed.). Porto Alegre: Artmed.
31. Ranchhod, S. (2007). *Documentação de Apoio à Formação Inicial*. Power Plate Portugal.
32. Rauch, F. (2009). 'Vibration therapy: review'. *Developmental Medicine & Child Neurology*, **51**, 3, pp. 166-168.
33. Rees S., Murphy A. & Watsford M. (2008). 'Effects of whole-body vibration exercise on lower-extremity muscle strength and power in an older population: a randomized clinical trial'. *Phys Ther.*, **88**, 4, pp. 462–470.
34. Rehn, B., Lidström, J., Skoglund, J. & Lindström, B. (2007). 'Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review'. *Scand J Med Sci Sports.*, **17**, 1, pp. 2-11.
35. Roelants, M., Delecluse, C. & Verschueren, S. (2004). 'Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women'. *Journal of the American Geriatrics Society*, **52**, 6, pp. 901–908.
36. Rubin, C., Recker, R., Cullen, D., Ryaby, J., McCabe, J. & McLeod, K. (2004). 'Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli: a clinical trial assessing compliance, efficacy, and safety'. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, **19**, 3, pp. 343–351.

37. Smith, L., Weiss, E., Mukhl, L. (1997). *Cinesiologia Clínica de Brunnstrom*. (5ª ed.). São Paulo: Manole.
38. Stewart, J., Karman, C., Montgomery, L. & McLeod, K. (2005). 'Plantar vibration improves leg fluid flow in perimenopausal women'. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, **288**, 3, pp. 623–629.
39. Torvinen S., Kannu P., Sievänen H., Järvinen, T., Pasanen, M., Kontulainen, S., Järvinen, T., Järvinen, M., Oja, P. & Vuori, I. (2002). 'Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance'. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **34**, 9, pp. 1523-1528.
40. Verschueren, S., Roelants, M., Delecluse, C., Swinnen, S., Vanderschueren, D. & Boonen, S. (2004). 'Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study'. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, **19**, 3, pp. 352–359.
41. Volpon, J. (1995). 'Modificações fisiológicas e patológicas do joelho durante o crescimento'. *Revista Brasileira e Ortopedia*, **30**, 1-2, pp. 53-56.
42. Westat (1988). *National Health and Nutrition Examination Survey III - Body Measurements (Anthropometry)*. Disponível em: <http://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes3/cdrom/NCHS/MANUALS/ANTHR O.PDF>. Último acesso em 10-02-2010.

Efeitos do Whole-Body Vibration no aumento da força muscular do Quadríceps em indivíduos saudáveis - Licenciatura em Fisioterapia