

Mário Roberto Pereira Custódio Liberal Ferreira

**EFICÁCIA DA VIBRAÇÃO CORPORAL NA FLEXIBILIDADE
DOS ISQUIOTIBIAIS**

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2013

Mário Roberto Pereira Custódio Liberal Ferreira

**EFICÁCIA DA VIBRAÇÃO CORPORAL NA FLEXIBILIDADE
DOS ISQUIOTIBIAIS**

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2013

Mário Roberto Pereira Custódio Liberal Ferreira

EFICÁCIA DA VIBRAÇÃO CORPORAL NA FLEXIBILIDADE DOS ISQUIOTIBIAIS

Declaração do autor

Declaro que o trabalho apresentado foi levado a cabo de acordo com o regulamento da Universidade Fernando Pessoa - Faculdade de Ciências da Saúde – Porto. O trabalho é original, excepto onde indicado por referência especial no texto. Quaisquer visões expressas são as do autor e não representam de modo nenhum as visões da Universidade Fernando Pessoa - Faculdade de Ciências da Saúde – Porto. Este trabalho, no todo ou em parte, não foi apresentado para avaliação noutras instituições de ensino superior portuguesas ou estrangeiras.

Dissertação apresentada à Universidade Fernando Pessoa, orientada pelo Mestre Adérito Seixas, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Fisioterapia Desportiva.

Assinatura: _____

Data: ___/___/___

Sumário

Introdução: O exercício vibratório surge como uma nova modalidade na prática desportiva e na reabilitação, sendo utilizada com frequência para potenciar a força e potência. O objectivo deste estudo é analisar a influência de um protocolo de vibração corporal na flexibilidade dos Isquiotibiais. **Metodologia:** A amostra foi constituída por 30 indivíduos, aleatoriamente distribuídos por dois grupos: grupo experimental (B), exposto a uma vibração de 30 Hz, durante duas semanas com três sessões por semana e o grupo controlo (A), sujeito ao mesmo protocolo mas sem indução de vibração. Foi utilizado o *Sit and reach test* como forma de avaliação da flexibilidade em ambos os grupos. Os dados foram analisados recorrendo ao teste *t*, para amostras independentes e emparelhadas e também à ANOVA de medidas repetidas, considerando o nível de significância estatística o valor de $p < 0.05$. **Resultados:** Os resultados demonstraram existir diferenças significativas no que diz respeito ao aumento de flexibilidade no grupo de controlo (24.00%) e no grupo experimental (88.46%) após a aplicação do protocolo. Os resultados do grupo experimental foram significativamente superiores no quando comparados os valores de flexibilidade entre os dois grupos no final do protocolo ($p=0.02$). Os ganhos obtidos na flexibilidade dos Isquiotibiais na 1ª semana, 2ª semana e ganhos totais foram significativamente superiores no grupo experimental ($p=0.00$) **Conclusões:** O exercício vibratório durante 5 séries de 60 segundos, intercaladas com 60 segundos de repouso, com uma frequência de 30 Hz, pelo período de 2 semanas, equivalente a 6 sessões intercaladas, demonstrou promover o aumento da flexibilidade muscular dos isquiotibiais na amostra em estudo.

Palavras-chave: Flexibilidade; Isquiotibiais; *Sit and Reach Test*; Vibração Corporal.

Abstract

Introduction: Vibration exercise is presented as a new modality in sports and rehabilitation, frequently being used to enhance the strength and power. The aim of this study is to analyze the influence of a Whole-Body Vibration training program on hamstrings flexibility. **Methodology:** The sample consisted of thirty subjects randomly allocated to two groups: experimental group (B), exposed to a vibration of 30 Hz for two weeks with three sessions per week and the control group (A), but subject to the same protocol without inducing vibration. *Sit and reach test* was used to assess flexibility in both groups. Data was analyzed using the *t test* for independent and paired samples, and also the repeated measures ANOVA, considering the level of statistical significance value of $p < 0.05$. **Results:** The results showed significant differences regarding increased flexibility in the control group (24.00%) and the experimental group (88.46%) after the application of the protocol. The results of the experimental group were significantly higher when the values of flexibility between the two groups at the end of the protocol were compared ($p=0.02$). The gains in flexibility of the hamstrings in the first week, second week and total program duration were significantly higher in the experimental group ($p=0.00$). **Conclusions:** Vibration exercise for 5 sets of 60 seconds, with 60 seconds of rest between sets, with a frequency of 30 Hz for a period of two weeks, equivalent to 6 sessions interspersed promoted increased hamstring flexibility, in the studied sample.

Key Words: Flexibility; Hamstrings; Sit and reach test; Whole-Body Vibration.

Agradecimentos

Aos meus pais, por todo o amor, carinho e amizade. Agradeço com todas as forças a nossa ligação tão especial e única. Esta vitória também é vossa!

Aos meus avós, pois enquanto eu existir, eles também existem.

A ti, por me teres apoiado, e teres sido sempre tão companheira, só como tu consegues ser e me fazes ver e aprender e sorrir e sonhar e voar....

Aos meus amigos, por serem do melhor que se tem evidenciado, e por me ajudarem a ficar em casa para trabalhar na tese, quando a vontade era de sair!!!!

Deixo uma palavra de agradecimento aos meus colegas de turma, por terem partilhado esta experiência de vida única para todos nós. Obrigado por partilharem comigo o vosso conhecimento e amizade.

Ao meu orientador, um agradecimento muito especial, para quem sempre esteve disponível de uma forma sincera e transcendente. Foi um orgulho e um prazer enorme ter aprendido consigo. O conhecimento só evolui se partilhado, e eu irei tentar da melhor forma possível seguir o seu exemplo.

Um agradecimento à UFP que disponibilizou todas as ferramentas necessárias para a conclusão de todo este processo.

Sinto que esta etapa foi concluída com sucesso e uma grande dedicação e empenho. É um objectivo concretizado na minha vida pessoal e profissional.

Neste preciso momento, em que exaustivamente desabafamos os limites da nossa capacidade mental para dar continuidade ao trabalho desenvolvido ao longo de vários meses, é quando ouvimos alguém do outro lado que nos diz: terminaste.

"Não tenhamos pressa, mas não percam tempo" José saramago.

Índice geral

| | |
|--|-----|
| Índice de figuras | X |
| Índice de tabelas | XII |
| Lista de abreviaturas | XIV |
| I. INTRODUÇÃO | 1 |
| II. DESENVOLVIMENTO | 5 |
| Revisão da literatura sobre flexibilidade | 5 |
| 2.1. Propriedades mecânicas | 5 |
| 2.2. Neurofisiologia do sistema muscular | 8 |
| 2.3. Definição | 13 |
| 2.4. Importância da flexibilidade..... | 14 |
| 2.5. Tipos de flexibilidade..... | 15 |
| 2.6. Factores limitantes da flexibilidade..... | 18 |
| 2.7. Treino de flexibilidade | 20 |
| 2.8. Precauções e contra-indicações no treino de flexibilidade..... | 21 |
| 2.9. Avaliação da flexibilidade..... | 22 |
| Revisão da literatura da Vibração Corporal | 22 |
| 2.10. História de exercício vibratório..... | 22 |
| 2.11. Definição de vibração e exercício vibratório | 23 |
| 2.12. Indicações e contra-indicações de exercício vibratório..... | 23 |
| 2.13. Tipo de exercício vibratório | 24 |
| 2.14. Transmissão de vibração | 25 |
| 2.15. Parâmetros do exercício vibratório..... | 27 |
| 2.16. Efeitos do exercício vibratório na actividade reflexa | 28 |
| 2.17. Efeitos do exercício vibratório nos sistemas fisiológicos..... | 31 |
| III. OBJECTIVOS, HIPÓTESES E VARIÁVEIS | 42 |
| 3.1. Objectivo geral | 42 |
| 3.2. Objectivos específicos..... | 42 |
| 3.3. Hipóteses | 42 |
| 3.4. Variáveis | 43 |
| IV. METODOLOGIA | 44 |
| 4.1. Descrição e caracterização da amostra | 44 |
| 4.2. Descrição dos instrumentos..... | 45 |

| | |
|--|-------|
| 4.3. Procedimentos de intervenção..... | 45 |
| 4.4. Protocolos experimentais | 46 |
| 4.5. Procedimentos éticos..... | 47 |
| 4.6. Procedimentos estatísticos..... | 48 |
| V. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS | 49 |
| 5.1. Caracterização da amostra..... | 49 |
| 5.2. Flexibilidade dos Isquiotibiais | 50 |
| VI. DISCUSSÃO DE RESULTADOS | 56 |
| VII. CONCLUSÕES..... | 64 |
| VIII. BIBLIOGRAFIA..... | 65 |
| IX. ANEXOS..... | LXXXV |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Ilustração 1 - Esta figura descreve a curva de tensão-deformação do tecido conjuntivo. Este é descrito pelas suas características viscoelásticas, inicialmente na fase elástica, em resposta a uma tensão mínima, posteriormente na fase plástica quando aplicada uma tensão adicional e por fim a falência dos tecidos na fase de ruptura..... | 19 |
| Ilustração 2 - A curva mostra a quantidade de deformação que ocorre ao longo do tempo quando uma carga constante é aplicada no tecido – Fenómeno de Creep..... | 30 |
| Ilustração 3 - Diferentes tipos de ondas vibratórias..... | 40 |
| Ilustração 4 - Direcção dos movimentos vibratórios na plataforma vibratória: oscilação sinusoidal síncrona; e oscilação sinoidal alternada..... | 40 |
| Ilustração 5 - Desenho esquemático de deslocamentos vibratórios em diferentes frequências na plataforma de movimento: (a) oscilação sinusoidal vertical; (b) oscilação sinusoidal vertical alternada; e (c) oscilação com inclinação antero-posterior..... | 41 |
| Ilustração 6 - Desenho esquemático da oscilação sinusoidal síncrona induzida pela Power Plate®..... | 41 |
| Ilustração 7 - Parâmetros da oscilação sinusoidal..... | 42 |
| Ilustração 8 - Reflexo de Hoffmann..... | 44 |
| Ilustração 9 - Os potenciais efeitos da vibração corporal nos sistemas fisiológicos e a sua potencial interação. A vibração corporal modula o sistema: (A) esquelético; (B) muscular; (C) endócrino; (D) nervoso e (E) vascular, o que pode provocar respostas secundárias através da interacção entre os sistemas, dos quais a figura apresenta apenas as mais óbvias..... | 46 |
| Ilustração 10 - Diagrama esquemático do potencial mecanismo que intervém na mediação para o aumento da capacidade de gerar força após a exposição aguda e crónica à vibração..... | 49 |

| | |
|---|----|
| Ilustração 11 - Desenho esquemático da posição adoptada pelo participante no protocolo de Power Plate®..... | 61 |
| Ilustração 12 - Percentagem dos ganhos totais do grupo controlo e grupo experimental..... | 67 |
| Ilustração 13 - Variação da flexibilidade ao longo das duas semanas de protocolos aplicados, em ambos os grupos..... | 68 |

Índice de tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Caracterização da amostra. Grupo, número de indivíduos, idade em anos (M±dp) e índice de massa corporal em Kg/m ² (M±dp) e valores de p (teste t para amostras independentes)..... | 62 |
| Tabela 2: Caracterização da amostra. Grupo, número de indivíduos, flexibilidade inicial (M±dp) e valores de p (teste t para amostras independentes)..... | 63 |
| Tabela 3: ANOVA de medidas repetidas (correção de Greenhouse-Geisser) nos grupos em estudo, F, valores de p e Eta ² parcial (tamanho do efeito)..... | 63 |
| Tabela 4: Caracterização da flexibilidade. Grupo, flexibilidade inicial (M±dp) e flexibilidade final (M±dp) da 1 ^a semana e valores de p (ANOVA, teste de Bonferroni)..... | 64 |
| Tabela 5: Caracterização da flexibilidade. Grupo, flexibilidade inicial (M±dp) e flexibilidade final (M±dp) da 2 ^a semana e valores de p (ANOVA, teste de Bonferroni)..... | 64 |
| Tabela 6: Caracterização da flexibilidade. Grupo, flexibilidade inicial (M±dp) e flexibilidade final (M±dp) da 1 ^a semana e valores de p (ANOVA, teste de Bonferroni)..... | 65 |
| Tabela 7: Caracterização da flexibilidade. Grupo, flexibilidade inicial (M±dp) e flexibilidade final (M±dp) da 2 ^a semana e valores de p (ANOVA, teste de Bonferroni)..... | 66 |
| Tabela 8: Caracterização da flexibilidade. Grupo, flexibilidade inicial 1 (M±dp), flexibilidade final 3 (M±dp), flexibilidade inicial 4 (M±dp), flexibilidade final 6 (M±dp) e valores de p (teste t para amostras independentes)..... | 66 |
| Tabela 9: Caracterização da flexibilidade. Grupo, ganhos de flexibilidade na 1 ^a semana (M±dp), ganhos de flexibilidade na 2 ^a semana (M±dp), e ganhos totais (M±dp) e valores de p (teste de amostras independentes)..... | 67 |

Tabela 10: Caracterização da flexibilidade. Grupo, ganhos de flexibilidade na 1ª semana ($M \pm dp$), ganhos de flexibilidade na 2ª semana ($M \pm dp$), e valores de p (teste t para amostras emparelhadas).....68

Lista de abreviaturas

| | |
|-----------|---|
| a | Amplitude |
| ADM | Amplitude De Movimento |
| Dp | Desvio padrão |
| EMG | Electromiografia |
| IGF-1 | Factor de Crescimento semelhante à Insulina - 1 |
| FNM | Fuso Neuromuscular |
| FNP | Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva |
| g | Constante gravitacional |
| Hz | Hertz |
| IMC | Índice de Massa Corporal |
| M | Média aritmética |
| mm | Milímetros |
| n | Número de indivíduos |
| OTG | Órgão Tendinoso de Golgi |
| p | Nível de significância |
| Reflexo H | Reflexo de Hoffmann |
| RVT | Reflexo Vibratório Tónico |
| SNC | Sistema Nervosa Central |
| T | Testosterona |

VO² Volume de Oxigénio

W Watt

I. INTRODUÇÃO

A flexibilidade é uma componente importante na aptidão física e é definida como "a capacidade de mover uma articulação através de uma amplitude de movimento (ADM), sem tensão para a unidade músculo-tendinosa" (Chandler et al., 1990). Apesar da sua importância, o treino de flexibilidade não tem recebido a mesma atenção por parte dos investigadores comparativamente a outros aspectos na formação de desempenho como a força ou a resistência (McNeal et al., 2011).

O treino de flexibilidade antes e depois da actividade física parece prevenir lesões, diminuir a dor e melhorar o desempenho (Andersen, 2005). A lesão dos músculos isquiotibiais é bastante comum na área desportiva, requerendo uma intervenção prolongada e individualizada, por parte dos médicos e fisioterapeutas (Malliaropoulos et al., 2004). O desenvolvimento e a aplicação de estratégias de prevenção de lesões que se concentram num treino funcional, educacional, treino de equilíbrio e de propriocepção, habilidades específicas da modalidade, sendo mantidas durante toda a época desportiva, demonstram ser eficazes (Abernethy e Bleakley, 2007).

O treino de flexibilidade geralmente envolve o alongamento estático, dinâmico, balístico, ou a facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP). Destes métodos, o alongamento estático é amplamente o mais utilizado, devido à eficácia, eficiência e facilidade de aplicação (McNeal et al., 2011). A eficácia do alongamento estático na melhoria da ADM parece aumentar quando este é acompanhado por um estímulo vibratório (Van den Tillaar, 2006). Portanto, torna-se importante identificar os parâmetros da vibração que parecem melhorar a flexibilidade (Gerodimos et al., 2010).

O exercício vibratório é uma nova modalidade que emergiu no treino desportivo e na reabilitação durante a última década (Gerodimos et al., 2010). Este tipo de treino demonstra uma crescente adesão nos centros de saúde e fitness, como um método alternativo para melhorar o desempenho muscular (Delecluse et al., 2005). O treino de resistência combinado com o exercício vibratório, tem demonstrado uma crescente popularidade entre os indivíduos sedentários de meia idade (Osawa e Oguma, 2013). Também, os profissionais da área do desporto têm vindo a adaptar o exercício vibratório

no processo de reabilitação e de potenciação do desempenho físico (Stewart et al., 2009).

A realização deste tipo de exercício requer uma plataforma vibratória, que transmite um estímulo mecânico caracterizado por um movimento oscilatório, cuja intensidade pode ser ajustada. A Power Plate produz uma oscilação sinusoidal síncrona, transmitida a ambos os membros inferiores, resultando num movimento simultâneo e simétrico de ambos os lados do corpo durante a exposição à vibração corporal (Cochrane, 2011).

O uso da vibração corporal como método de treino é relevante para a ciência desportiva, no que diz respeito às alterações fisiológicas e ao desempenho do atleta (McBride et al., 2010). O exercício vibratório conduz a um aumento da temperatura muscular e de circulação sanguínea causando uma melhoria da extensibilidade dos tecidos (Cronin et al., 2008; Dastmenash et al., 2010). Apesar de existirem vários estudos, os efeitos agudos da vibração corporal continuam a ser testados relativamente à sua influência na força, resistência e flexibilidade.

Os efeitos potenciais de um treino agudo de vibração corporal parecem ser benéficos como aquecimento neuromuscular na preparação de actividades desportivas explosivas. A melhoria no desempenho físico após a vibração foi atribuída principalmente a factores neurais, como o aumento da sincronização da unidade motora, a potenciação do reflexo miotático, o aumento da actividade muscular sinérgico, e o aumento da inibição do músculo antagonista (Bullock et al., 2008).

O exercício vibratório influencia os mecanismos neurofisiológicos devido à aceleração imposta, induzindo contracção muscular reflexa, e resultando numa adaptação neurogénica (Van den Tillaar, 2006; Paradisis e Zacharogiannis, 2007). Os estímulos mecânicos criados pela vibração são transmitidos para o corpo onde estimulam os receptores sensoriais do fuso neuromuscular (FNM), envolvendo reflexos monossinápticos que são induzidos pela acção de alongamento muscular que actua nas articulações em que a vibração está a ser induzida (Cochrane et al., 2008).

O treino de flexibilidade por vibração corporal, tem sido aplicado em vários protocolos com diferentes estímulos vibratórios, com o objectivo de verificar a eficácia no aumento de flexibilidade (Cronin et al., 2007). A variabilidade nos protocolos de vibração utilizado

por diferentes investigadores pode ser uma razão importante para os resultados inconsistentes que são relatados na literatura científica. Os protocolos de vibração podem variar as suas características no que diz respeito à frequência e amplitude, movimento realizado durante a exposição à vibração, duração da exposição, e duração da sessão (Jordan et al., 2005). Tem sido sugerido que a exposição aguda a altas frequências 25 - 45 Hertz (Hz) de vibração corporal pode melhorar o desempenho neuromuscular via potenciação neurogénica, envolvendo reflexos medulares (Edge et al., 2009; Roelants et al., 2006).

Neste sentido, surgiu o interesse e motivação de elaborar um estudo randomizado controlado que aglomerasse evidência a favor, ou contra, a hipótese de que o exercício vibratório promove o aumento da flexibilidade.

Estrutura do trabalho

Tendo como base a problemática definida, este trabalho encontra-se dividido em oito capítulos.

Capítulo I – INTRODUÇÃO

A falta de consenso, no que diz respeito à relação do exercício vibratório com a flexibilidade, despertou o interesse na investigação. Neste capítulo enquadra-se a pertinência do estudo, os objectivos gerais e a estrutura do trabalho.

Capítulo II – DESENVOLVIMENTO

No desenvolvimento é apresentada uma revisão da literatura, descrevendo o conhecimento actual sobre os temas mais pertinentes que envolvem a investigação. A revisão divide-se em dois temas: 1) flexibilidade; 2) exercício vibratório.

Capítulo III – OBJECTIVOS, HIPÓTESES E VARIÁVEIS

Neste capítulo delineamos os objectivos gerais e específicos, as hipóteses formuladas e as variáveis do estudo.

Capítulo IV – METODOLOGIA

Neste capítulo é caracterizada a amostra, os critérios de seleção, instrumentos utilizados para as avaliações, os procedimentos metodológicos, assim como os procedimentos estatísticos para análise dos dados, e os recursos materiais, humanos e financeiros.

Capítulo V – APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos referentes à recolha de dados, sendo analisados em função dos grupos em estudo. Os resultados são apresentados através de gráficos para facilitação visual.

Capítulo VI – DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são analisados e interpretados os resultados apresentados. Estes resultados são relacionados com outros estudos científicos, promovendo uma discussão metodológica quanto aos diversos componentes a ter em conta no estudo.

Capítulo VII – CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões apreendidas após a apresentação de resultados e a sua discussão, confirmando ou inferindo as hipóteses delimitadas anteriormente.

Capítulo VIII – BIBLIOGRAFIA

É apresentada a bibliografia utilizada e que serviu de suporte para a fundamentação teórica, a definição de objetivos e hipóteses e discussão de resultados obtidos no estudo.

II. DESENVOLVIMENTO

Revisão da literatura sobre flexibilidade

2.1. Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas dos tecidos contrácteis e não contrácteis afectam o alongamento dos tecidos moles (Kisner e Colby, 2005). Os tecidos moles que podem restringir a mobilidade articular são os músculos, tecido conjuntivo e a pele. As três fases que ocorrem durante o alongamento do tecido mole são: a fase elástica, a fase plástica e a fase de ruptura (Handy e Woodall, 1998; Alter, 2004; Kisner e Colby, 2005) (Ilustração 1). A elasticidade muscular é a capacidade que a fibra tem de se deformar (alongar) por acção de uma força exterior e retomar à sua forma inicial quando cessa essa mesma força (Deyne, 2001; Kubo et al., 2002). Por plasticidade entende-se a capacidade de um material se deformar permanentemente quando é sobrecarregado além da sua amplitude elástica. Consequentemente, não há tendência para recuo elástico ou recuperação (Alter, 2004; Kisner e Colby, 2005). A fase da deformação elástica é separada da fase de deformação plástica pelo *yield point*. Quanto mais próxima a tensão gerada pelo alongamento estiver deste ponto, maiores serão as alterações provocadas no músculo e, conseqüentemente, os ganhos de flexibilidade (Deyne, 2001; Feland et al., 2001; Davis et al., 2005). A fase de ruptura ocorre quando uma carga excessiva é imposta, podendo levar à falência do tecido (Alter, 2004; Kisner e Colby, 2005).

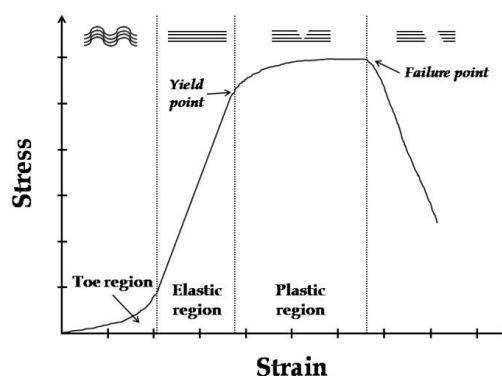


Ilustração 1 - Esta figura descreve a curva de tensão-deformação do tecido conjuntivo. Este é descrito pelas suas características viscoelásticas, inicialmente na fase elástica, em resposta a uma tensão mínima, posteriormente na fase plástica quando aplicada uma tensão adicional e por fim a falência dos tecidos na fase de ruptura (Korhonen e Saarakkala, 2011).

Se submetemos um músculo a uma força no seu limiar de extensibilidade, o músculo não retorna de imediato à sua forma inicial (elasticidade retardada), na medida em que subsiste um certo alongamento que vai desaparecendo progressivamente ao longo do tempo. Este fenómeno é conhecido por visco-elasticidade (Deyne, 2001; Kubo et al., 2002). A quantidade de alongamento destes tecidos varia de forma inversa à velocidade, isto é, quanto mais lento o alongamento, maior será a amplitude alcançada (Handy e Woodall, 1998). A capacidade de extensibilidade não só melhora com o aumento da sua elasticidade, mas também através de uma acção de relaxamento e diminuição do tónus muscular (Deyne, 2001; Kubo et al., 2002).

Os tecidos quando mantidos sobre determinada tensão, tendem a reduzir o aumento da tensão gerada, no sentido de se adaptar ao seu novo comprimento em estado de repouso. No entanto, este aumento de amplitude apenas se tornará permanente quando os tecidos se adaptarem biologicamente (Handy e Woodall, 1998).

Tecido muscular

A principal função do tecido muscular é produzir movimento por meio da sua capacidade de se contrair (Alter, 2004).

O tecido muscular é composto por células alongadas, mais ou menos paralelas com grande quantidade de filamentos citoplasmáticos responsáveis pela sua contracção e pode ser dividido em três tipos, em função da sua estrutura macroscópica, distribuição, inervação e variedade da função realizada. Os três tipos são: músculo liso, músculo estriado cardíaco e músculo estriado esquelético. O músculo liso é constituído por fibras longitudinais e tem aspecto liso. É o tipo de músculo presente nas vísceras e vasos sanguíneos sendo que as suas contracções são lentas, involuntárias e com aspecto fusiforme. O músculo cardíaco apresenta estrias transversais, sendo encontrado principalmente nas paredes do coração e veias pulmonares. A sua contracção é involuntária e ritmada. O músculo estriado esquelético apresenta várias estrias, resultantes das ordenações das fibras em feixes paralelos. É o músculo mais abundante do organismo humano sendo formado por células cilíndricas longas e multinucleadas, com estriações transversais, possuindo uma contracção rápida e voluntária. São denominados de esqueléticos porque estão ligados ao sistema esquelético (Junqueira e Carneiro, 2004).

Tecido conjuntivo

O tecido conjuntivo é o componente muscular mais importante relacionado com a flexibilidade, sendo esse o tecido que constitui a principal fonte de resistência ao alongamento passivo do músculo (Alter, 2004; Kisner e Colby, 2005).

O tecido conjuntivo apresenta vários tipos de células que realizam diferentes funções, tais como: defesa, protecção, armazenamento, transporte, suporte geral e reparação (Alter, 2004).

Há homeostasia no tecido conjuntivo, isto é, a quantidade e qualidade de colagénio nos diferentes órgãos ou tecidos, são activamente regulados a nível local. Este tecido possui grande capacidade de regeneração e varia quanto à sua forma e função (Alter, 2004).

O corpo humano contém numerosas estruturas compostas por tecido conjuntivo, podendo ser classificadas por cinco categorias: 1) tecido conjuntivo inerte, o qual é dividido em areolar e adiposo; 2) tecido conjuntivo denso localizado em tendão, ligamento, aponevrose, fáscia, derme e cicatriz; 3) cartilagem; 4) osso; e 5) sangue. No que diz respeito, aos termos alongamento e flexibilidade as estruturas com maior importância são os tendões, ligamentos e fáscia (Alter, 2004).

É através do tecido conjuntivo que a contracção muscular é transmitida a outras estruturas como tendões aponeuroses, ligamentos e ossos (Junqueira e Carneiro, 2004).

As diversas formas de aquecimento muscular aumentam a maleabilidade dos componentes viscoelásticos do músculo, pois à medida que a temperatura intramuscular aumenta, a rigidez do tecido conjuntivo diminui ao alongamento e o limiar de excitabilidade dos Orgãos Tendinosos de Golgi (OTG) diminui (Burke et al., 2001; Knight et al., 2001).

O tecido conjuntivo requer movimento para manter a sua integridade estrutural. A exigência do alongamento do tecido, promove as tensões necessárias para a normal biologia da fibra muscular. Os tecidos biológicos respondem a estes sinais de tensão, mudando a sua matriz de colágeno, no sentido de satisfazer as necessidades funcionais do movimento (Handy e Woodall, 1998).

O tecido conjuntivo apresenta três tipos de fibras: colagénio, elásticas e reticulares, distribuindo-se desigualmente entre as variedades de tecido, sendo que as duas primeiras são as principais (Handy e Woodall, 1998; Junqueira e Carneiro, 2004).

Quando um músculo é alongado e aumenta o seu comprimento, a força do alongamento é transmitida para as fibras musculares através do tecido conjuntivo. No momento do alongamento inicial no componente elástico em série (tecido conjuntivo), a tensão aumenta de forma aguda, levando a um comprometimento mecânico das pontes transversas à medida que os filamentos se separam, provocando um alongamento abrupto dos sarcómeros. Após a força de alongamento ser retirada, cada sarcómero retorna ao seu comprimento de repouso (Kisner e Colby, 2005).

Pelo facto do tecido conjuntivo ser um dos componentes mais influentes na limitação do movimento, este deve ser favoravelmente alongado (Alter, 2004), pois quando o movimento é limitado, as mudanças adaptativas começam de imediato. Por exemplo, por um período de seis horas de imobilização a síntese de colágeno cessa, contudo a sua degradação continua, promovendo a atrofia muscular (Handy e Woodall, 1998).

As suas propriedades do tecido conjuntivo podem ser influenciadas por uma variedade de factores, tais como o envelhecimento, actividade física, lesões anteriores, distúrbios metabólicos e deficiências ou excessos nutricionais (Alter, 2004).

2.2. Neurofisiologia do sistema muscular

Alguns autores têm estudado o papel das estruturas responsáveis pela propriocepção articular, tais como mecanorreceptores cutâneos (Perlau et al., 1995); articulares (Minaki et al., 1999); e, musculares e tendinosos (Noyes et al., 1980; Baratta et al., 1988).

Os mecanorreceptores cutâneos transformam estímulos mecânicos, térmicos ou dolorosos detectados à superfície da pele em influxo nervoso. São eles que conferem à pele sensibilidade ao tacto, pressão, temperatura e dor. Podemos encontrar diferentes tipos de mecanorreceptores cutâneos: corpúsculos de Paccini, corpúsculos de Meissner, órgãos terminais dos pêlos, terminações nervosas livres, células de Merckel, corpúsculos de Ruffini e corpúsculos de Krause (Correia, 2004).

Os mecanorreceptores musculares e tendinosos que transmitem informações sobre o estado do músculo são: OTG, FNM, corpúsculos de Paccini e terminações nervosas livres (Correia, 2004). Essas informações fornecem dados a respeito de: movimento articular, tensão muscular, contracção reflexa muscular, regulação de rigidez muscular e tónus muscular (Pedersen et al., 1999).

No que diz respeito a flexibilidade e a ADM são encontrados três tipos de receptores sensoriais, que assumem maior importância, tendo portanto, uma análise mais detalhada: os mecanorreceptores musculares FNM e OTG, e os mecanorreceptores articulares (Alter, 2004; Kisner e Colby, 2005).

Fuso neuromuscular e reflexo miotático

O FNM é o principal órgão sensorial do músculo, sendo composto por fibras musculares intrafusais microscópicas que são dispostas em feixes e paralelas a uma fibra muscular extrafusil (Kisner e Colby, 2005). As fibras intrafusais só apresentam proteínas contráteis nas extremidades, o que significa que é o único local onde pode existir contracção (Correia, 2004). Os receptores sensoriais do fuso estão localizados nas porções centrais, designadas de saco nuclear e cadeia nuclear (Correia, 2004; Kisner e Colby, 2005). Há essencialmente dois modos de estimular essas fibras sensoriais por meio do alongamento: aumentando o comprimento geral do músculo e estimulando a contracção das fibras intrafusais através de vias neurais eferentes gama (Kisner e Colby, 2005).

Quando estimulados pelo alongamento, as informações desses receptores sobre a velocidade e a duração do alongamento, e as mudanças no comprimento do músculo são transmitidas através de fibras aferentes primárias (tipo Ia) e secundárias (tipo II) para o SNC (Taylor et al., 1990; Burke et al., 2000; Correia, 2004; Kisner e Colby, 2005). A grande velocidade de transmissão aliada ao facto de terminarem directamente nos motoneurónios alfa, confere-lhes uma grande rapidez de intervenção (Correia, 2004). Esses impulsos quando activam o motoneurónio alfa, que enerva as respectivas fibras musculares, originam uma contracção do músculo (reflexo miotático). Ao mesmo tempo, partem da medula impulsos inibidores para os antagonistas do músculo alongado, permitindo que a contracção reflexa seja mais eficaz (Alter, 2004; Kisner e Colby, 2005).

O reflexo miotático é uma contracção muscular que ocorre quando o músculo é alongado, tipicamente monossináptico. O receptor responsável por este reflexo é o fuso neuromuscular. O arco reflexo é composto por uma fibra aferente Ia proveniente de um fuso neuromuscular. Na medula espinhal, a fibra ramifica-se e atinge a substância cinzenta medular. Algumas ramificações estabelecem sinapse directamente com os motoneurónios α que inervam o músculo e os seus sinergistas. Este reflexo é, portanto, monossináptico (Kandel et al., 2000).

Como tem um componente monossináptico, este reflexo permite que a resposta do músculo seja quase imediata, evitando alongamentos que não são desejados, representando um mecanismo para manter o comprimento pretendido para o músculo (Correia, 2004). Portanto, como o arco reflexo é uma contracção induzida por alongamento do músculo, não requer estímulos dos centros cerebrais (Levy et al., 2009).

O reflexo miotático apresenta duas formas de manifestação, o reflexo miotático dinâmico e o reflexo miotático estático. O reflexo miotático dinâmico é produzido por um alongamento rápido do músculo (Correia, 2004). Quando o músculo é subitamente alongado, é transmitida a informação à medula pelas fibras Ia determinando uma estimulação dos neurónios motores respectivos. Embora este reflexo termine numa fracção de segundo após o músculo ter sido alongado, o reflexo miotático estático mais fraco continua por um período de tempo mais dilatado. Este reflexo está relacionado com a informação fornecida pelas fibras II e continua a determinar a contracção muscular durante o período em que o músculo é mantido com comprimento superior ao previsto (Correia, 2004).

Órgão Tendinoso de Golgi e reflexo miotático inverso

Os OTG's estão localizados na junção miotendinosa, junto à terminação das fibras musculares e reagem à tensão exercida sobre o tendão, provocando o seu relaxamento (Alter, 2004; Kisner e Colby, 2005).

Este receptor está ligado à medula por fibras aferentes semelhantes às fibras Ia e Ib. Estas fibras na medula não apresentam terminações monossinápticas sobre os motoneurónios alfa (Correia, 2004).

O principal componente do OTG é um fascículo alongado de feixes de colagénio que está em série com as fibras musculares e responde às contrações de fibras musculares individuais. Um OTG pode estar associado a várias fibras musculares de contração rápida ou a fibras de contração lenta (ou a ambas) e envia impulsos por fibras nervosas aferentes Ib em resposta à contração do músculo. Os impulsos Ib entram na medula espinal e podem promover a inibição de neurónios motores alfa para os músculos em contração (e sinergistas) enquanto promove a excitação de neurónios motores alfa para músculos antagonistas. As ações inibitórias são mediadas por interneurónios na medula que facilitam um transmissor inibitório para o neurónio motor alfa e cria potencial pós-sináptico inibitório. Os impulsos aferentes Ib são, também, enviados a centros maiores (incluindo o córtex motor e cerebelo) (Levy et al., 2009).

O OTG é estimulado pela tensão gerada por alongamento ou contracção muscular (Correia, 2004). Quando a intensidade de uma contracção muscular ou alongamento sobre um tendão excede um ponto crítico, ocorre um reflexo imediato para inibir a contracção muscular, cuja resposta é oposta ao reflexo miotático e que, por isso mesmo, é designado por reflexo miotático inverso (Alter, 2004; Correia, 2004; Kisner e Colby, 2005). Quando o músculo é fortemente contraído, as fibras Ib conduzem à medula os estímulos detectados no OTG e, através do interneurónio inibitório Ib, produzem a inibição dos motoneurónios alfa e o relaxamento do músculo (Correia, 2004). Essa reacção só é possível porque os impulsos dos OTG's são poderosos o suficiente para sobrepor os impulsos excitatórios dos fusos neuromusculares (Alter, 2004; Kisner e Colby, 2005). Este reflexo funciona como um mecanismo protector do aparelho locomotor em geral e da junção miotendinosa em particular (Correia, 2004).

O OTG é um receptor bastante sensível de tensão desenvolvida em porções localizadas no músculo, originando um sistema de feedback contínuo que regula a tensão muscular (Correia, 2004). Quando um músculo é alongado muito rapidamente, as fibras aferentes primárias estimulam os motoneurónios alfa na medula espinal e facilitam a contracção das fibras extrafusais, aumentando a sua tensão. Quando se aplica uma força de alongamento lenta num determinado músculo, o OTG dispara e inibe a tensão do mesmo, permitindo que o sarcómero se alongue (Kisner e Colby, 2005).

Mecanorreceptores articulares

Podemos encontrar quatro tipos de mecanorreceptores articulares que contribuem para para este tipo de informação: Terminações de Ruffini, Corpúsculos de Paccini, Terminações de Golgi e Terminações nervosas Livres (Correia, 2004). Estes receptores podem ser agrupados em dois grupos, (I) receptores de adaptação rápida e (II) receptores de adaptação lenta (Voight e Cook, 2001; Williams et al., 2001).

Os receptores de adaptação rápida fornecem informações sobre a sensação de movimento articular, mudança de posição articular (Williams et al., 2001; Correia, 2004), aceleração do movimento (Voight e Cook, 2001), e dor das articulações do corpo (Correia, 2004), sendo de extrema importância devido ao seu carácter preventivo e de protecção a possíveis lesões (Taylor et al., 1995; Minaki et al., 1999; Burke et al., 2000).

Deste grupo inserem-se os corpúsculos de Paccini, que são receptores de baixo limiar, que respondem a estímulos de vibração, pressão profunda, compressão externa e intra-articular (Grigg, 1994; Williams et al., 2001), e que se encontram localizados na cápsula articular e ligamentos (Grigg, 1994; Williams et al., 2001; Correia, 2004), fornecendo informação sobre a aceleração do movimento (Correia, 2004).

Os receptores de adaptação lenta contribuem para a sensação de posição articular (Voight e Cook, 2001; Williams et al., 2001; Correia, 2004), devido ao facto de fornecerem um feedback contínuo (Voight e Cook, 2001).

Dentro deste grupo encontramos as Terminações de Ruffini, as Terminações Nervosas Livres e as Terminações de golgi.

As Terminações de Ruffini são os receptores articulares mais numerosos e localizam-se na cápsula articular e ligamentos (Grigg, 1994; Williams et al., 2001; Correia, 2004). Estes receptores fornecem informação sobre o grau, direcção e velocidade do movimento (Correia, 2004). As suas características são sensíveis a aspectos estáticos e dinâmicos da articulação (Williams et al., 2001).

As Terminações Nervosas Livres localizam-se em vários pontos da pele e têm terminações na epiderme (Correia, 2004). Desempenham funções de nociceptores,

termorreceptores ou mecanorreceptores de alto limiar, distribuídos pelas cápsulas, ligamentos e meniscos (Williams et al., 2001), informando sobre o tacto, pressão e dor (Correia, 2004).

As Terminações de Golgi são receptores de alto limiar, sensíveis à tensão no plano das estruturas a que pertencem, sobretudo em amplitudes máximas do movimento. Reagem a alterações de posição articular (Williams et al., 2001; Correia, 2004), amplitude de movimento, velocidade de movimento e pressão intra-articular e são sensíveis a aspectos estáticos e dinâmicos da articulação (Williams et al., 2001), localizando-se predominantemente nos ligamentos (Correia, 2004).

2.3. Definição

A flexibilidade muscular pode ser definida como a habilidade de mover uma articulação, ou uma série de articulações, de maneira suave, confortável e sem restrição ao longo de toda a sua ADM (Bandy et al., 1997). Esta propriedade depende da extensibilidade dos músculos, que permite que estes cruzem uma articulação para relaxar, alongar e conter uma força de alongamento. A artrocinemática da articulação em movimento, assim como a habilidade do tecido conjuntivo periarticular se deformar, afetam a ADM da articulação e a flexibilidade geral do indivíduo (Alter, 2004; Kisner e Colby, 2005).

Geralmente, o termo `flexibilidade' é usado para referir-se mais especificamente à habilidade da unidade miotendinosa de se alongar enquanto um segmento corporal ou articulação se move através da ADM (Kisner e Colby, 2005). A flexibilidade não existe como uma característica geral mas é específica de uma determinada articulação e da sua função (Alter, 2004).

A flexibilidade desempenha um papel fundamental na qualidade de execução dos movimentos permitindo a sua prática e optimização da sua aprendizagem. A diminuição de flexibilidade muscular consiste na diminuição da capacidade do músculo se deformar, originando a conseqüente diminuição de amplitude articular (Bandy e Iron, 1994).

2.4. Importância da flexibilidade

A flexibilidade é considerada como um factor importante no que diz respeito à saúde física (Ylinen, 2008). A capacidade de movimento é uma parte fundamental para a normal funcionalidade do sistema músculo-esquelético (Alter, 2004; Ylinen, 2008), contribuindo para a preservação dos músculos e articulações saudáveis ao longo da vida (Alter, 2004).

Para desempenhar a maioria das tarefas quotidianas funcionais, assim como actividades ocupacionais e recreativas, é necessária, geralmente, uma ADM sem restrições e sem dor (Kisner e Colby, 2005). A flexibilidade promove ao indivíduo uma imagem de facilidade, suavidade, harmonia, auto-controlo e total liberdade na execução dos movimentos (Alter, 2004).

Músculos flexíveis são considerados importantes componentes na redução do potencial de lesão, bem como para a reabilitação muscular e desenvolvimento de uma melhor performance desportiva (Burke et al., 2001; Feland et al., 2001; Knight et al., 2001; Alter, 2004). O alongamento é uma forma de preservar a flexibilidade e prevenir lesões (Burke et al., 2001; Spornoga et al., 2001; Ylinen, 2008; Ayala et al., 2013). O movimento requer uma certa quantidade de mobilidade das articulações e do tecido conjuntivo. Em várias modalidades desportivas, a flexibilidade é fulcral para o cumprimento de metas de sucesso (Ylinen, 2008).

Independentemente da flexibilidade inicial, esta pode ser aumentada utilizando métodos de treino de flexibilidade de acordo com o tipo de modalidade desportiva (Achour, 2004). No entanto, a diminuição da mobilidade pode causar alterações na função do sistema muscular, condicionando a economia na execução dos gestos técnicos, o que facilita o aparecimento da fadiga (Bandy e Iron, 1994). Portanto, o alongamento é geralmente incluído no processo de aquecimento em ambas as situações de treino e competição, demonstrando ser bastante importante na recuperação após o treino e a competição (Ylinen, 2008; Ayala et al., 2013).

Os benefícios de um treino regular de alongamento são: maior flexibilidade, resistência muscular, e força muscular; redução da dor muscular; melhoria da mobilidade articular com movimentos mais eficientes e harmoniosos; prevenção de lesões; melhoria da

postura corporal (Nelson e Kokkonen, 2007). Por outro lado, a ausência no treino de flexibilidade pode ter um impacto negativo na função biomecânica, que pode resultar na restrição de mobilidade, aparecimento de dor, e por conseguinte, na redução da performance desportiva (Forman et al., 2013).

2.5. Tipos de flexibilidade

Existem fundamentalmente três critérios para classificar a flexibilidade: quanto à existência ou não de movimento e às suas características (estática e dinâmica), a sua localização (geral e específica), e origem do movimento ou da acção que origina a amplitude máxima (passiva e activa) (Winters et al., 2004).

A flexibilidade geral é observada em todos os movimentos da pessoa englobando todas as articulações, enquanto a flexibilidade específica é referente a um ou alguns movimentos realizados em determinada articulação (Alter, 2004; Kisner e Colby, 2005).

O alongamento como forma de melhorar a flexibilidade tem sido considerado um método efectivo na prevenção de lesões nos músculos, ligamentos e tendões. Na realização do alongamento, há um factor de limitação que é a actividade reflexa, que impõe resistência ao alongamento. Assim, o alongamento visa a inibição da actividade reflexa, permitindo o aumento da flexibilidade muscular, e o consequente aumento da amplitude articular (Winters et al., 2004).

Existem várias técnicas de alongamento que contribuem para o ganho de flexibilidade, como o alongamento estático, dinâmico, passivo, activo, balístico e FNP (Burke et al., 2001; Knight et al., 2001; Woods et al., 2007).

A flexibilidade estática diz respeito à ADM de uma determinada articulação, sem enfatizar a velocidade durante o alongamento (Alter, 2004). O alongamento estático consiste em realizar o alongamento de um determinado músculo ou grupo muscular até um ponto tolerável e sustentar a posição por um período de tempo. A este tipo de alongamento está associado a noção de controlo e suavidade (Knight et al., 2001; Dadebo et al., 2004), sendo um método amplamente usado por apresentar um menor risco de lesão, pela sua facilidade de aprendizagem e aplicação, e por poder ser aplicado em todas as faixas etárias (Alter, 2004; Nelson e Kokkonen, 2007).

O alongamento estático resulta na diminuição da resistência muscular passiva, devido ao aumento na viscosidade e elasticidade da unidade miotendinosa, resultando no aumento do comprimento muscular, designado por fenómeno de Creep (Kubo et al, 2001) (Ilustração 2).

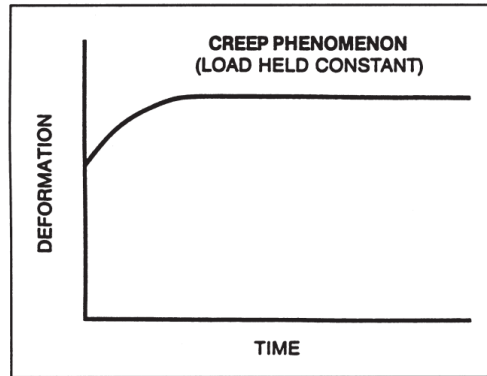


Ilustração 2 – A curva mostra a quantidade de deformação que ocorre ao longo do tempo quando uma carga constante é aplicada no tecido – Fenómeno de Creep (Threlkeld, 1992).

O fenómeno de Creep é característico em materiais viscoelásticos e ocorre em cargas inferiores, quando comparado com a curva de tensão-deformação. O fenómeno de Creep não é permanente, e a estrutura lentamente retomará o seu comprimento original após a carga ser removida, designado por resposta elástica amortecida (Threlkeld, 1992).

A flexibilidade dinâmica refere-se à habilidade para usar a amplitude de movimento articular na realização de uma actividade física numa velocidade normal ou acelerada (Alter, 2004).

O alongamento dinâmico ocorre durante a execução de movimentos controlados ao longo da amplitude de movimento articular activa, de determinada articulação (Fletcher, 2010). A intensidade do alongamento dinâmico pode ser baixa, moderada e alta, mas é bom salientar que, para a saúde, a amplitude final do movimento deve chegar com baixa intensidade e a velocidade deve ser baixa (Achour, 2004).

No desporto é um método ideal e essencial para desenvolver a flexibilidade (Alter, 2004), sobretudo quando este é realizado por períodos de longa duração (Hough et al., 2009, e promove o desenvolvimento relativamente à performance de força, sprint, e

salto (Christensen e Nordstrom, 2008; Fletcher e Anness, 2007). O alongamento dinâmico é realizado muitas vezes no aquecimento de uma determinada actividade física (Nelson e Kokkonen, 2007). No entanto, deve ser realizado com prudência, em razão de os exercícios, na maioria das vezes, serem realizados em grupo, pois não se conhece a capacidade de controlo de movimento de cada indivíduo (Achour, 2004).

No alongamento passivo é aplicada uma força externa que controla a direcção, velocidade, intensidade e duração do alongamento dos tecidos. Os tecidos são alongados além do seu comprimento de repouso (Alter, 2004). O indivíduo não contribui para a acção, não efectua nenhuma contracção muscular voluntária (Kisner e Colby, 2005; Beedle e Mann, 2007).

A maior ADM possível de uma articulação, obtida sem assistência, ou seja, pela contracção do músculo agonista é denominada de flexibilidade activa (Alter, 2004). Este tipo de alongamento põe em evidência os princípios da *inibição recíproca*: a contracção de um determinado músculo ou grupo muscular provoca o relaxamento do músculo ou músculos que estão a ser alongados. Este alongamento é diferente do alongamento passivo, sendo impossível obter-se uma deformação adicional com este tipo de alongamento, e como tal, não produz os mesmos resultados que o alongamento com apoio manual ou mecânico (Van Hatten, 2005).

O alongamento balístico utiliza contrações musculares para facilitar o alongamento muscular através de movimentos de balanço, sem repouso em qualquer ponto do movimento. Contudo, se o movimento de balanço for executado de forma demasiado rápida, o reflexo miotático é activado (Nelson e Kokkonen, 2007).

As técnicas de alongamento por meio de FNP realizadas com contracção e relaxamento têm como finalidade a contracção do músculo agonista, para inibir a contracção do músculo antagonista por via da inibição do OTG, promovendo o relaxamento do antagonista, músculo a ser alongado (Achour, 2004; Alter, 2004; Kisner e Colby, 2005). Este método foi inicialmente desenvolvido como um procedimento terapêutico de reabilitação, sendo considerado como um dos mais avançados métodos para o desenvolvimento da flexibilidade (Alter, 2004).

Burke et al. (2001), descreveram que o alongamento com a técnica de FNP demonstrou ser mais eficaz no aumento da flexibilidade, quando comparada com as técnicas de alongamento balístico, estático e passivo. No entanto, Spornoga et al. (2001) revelaram que os resultados das técnicas estáticas e balísticas são comparáveis com os resultados obtidos pelas técnicas de alongamento de FNP.

Para melhorar a flexibilidade vêm sendo amplamente aplicados na prática clínica e desportiva protocolos de treino de flexibilidade e, apesar de haver uma grande quantidade de estudos sobre essa temática, ainda existem bastantes controvérsias sobre o assunto. As diferenças metodológicas entre os estudos apresentam-se como indicadores da discordância existente entre os autores a respeito dos aspectos principais no ganho de flexibilidade muscular. Os factores responsáveis pelo aumento da ADM após o alongamento muscular são os mecanismos neurofisiológicos e biomecânicos. O componente neurofisiológico é explicado por uma inibição dos músculos expostos ao alongamento, que promove a diminuição da actividade do componente contrátil, resultando no aumento da capacidade de extensibilidade muscular e no aumento da ADM articular. O componente biomecânico é descrito pela capacidade das propriedades do tecido muscular em se deformar (Halbertsma et al., 1999). O tecido muscular, como a maioria dos tecidos biológicos, pode sofrer alterações nas propriedades viscoelásticas, resultando na diminuição da tensão passiva da unidade músculo-tendinosa imediatamente após o alongamento (Kubo et al., 2001). Portanto, Os efeitos agudos causados pelo alongamento, promovem o aumento da ADM devido à diminuição da viscoelasticidade (Halbertsma et al., 1996; Shrier e Gossal, 2000), e ao aumento da tolerância ao alongamento (Shrier e Gossal, 2000).

2.6. Factores limitantes da flexibilidade

Os principais factores que condicionam a flexibilidade podem ser equacionados em três níveis diferentes: osteo-articular, muscular e neuromuscular (Alter, 2004).

Toda a estrutura osteoarticular se adapta às condições mecânicas que lhe são impostas pela actividade muscular. A mobilidade de uma articulação depende directamente das estruturas que a compõem e circundam, como ossos, cápsula articular, tendões, ligamentos, músculos, gordura e pele (Alter, 2004).

A estrutura muscular constituída pelas propriedades altamente diferenciadas de extensibilidade, elasticidade, excitabilidade, contractibilidade e condutibilidade desempenham um papel fundamental na flexibilidade (De Pino et al., 2000; Feland et al., 2001).

A mobilidade articular pode ser influenciada por diversos aspectos, destacando-se a idade, género, características morfológicas e prática regular de exercício físico (Kisner e Colby, 2005).

No que se refere à relação entre a flexibilidade e a idade, os níveis de flexibilidade aumentam ao longo da adolescência. Contudo, após esse período, a flexibilidade tende a uniformizar, começando a diminuir. Embora a flexibilidade diminua com a idade, a perda parece ser minimizada nos indivíduos que permanecem activos. A elasticidade muscular e tendinosa diminuem progressivamente com a idade e por volta dos 50 anos existe uma perda significativa dos níveis de flexibilidade que se acentua entre os 60 e os 70 anos (Alter, 2004). A redução da flexibilidade parece caracterizada pela idade e, mais fortemente, pela falta dos exercícios de alongamento. Uma vez instalado, um encurtamento muscular limita a habilidade da fibra muscular na transmissão da energia mecânica com eficiência (Achour, 2004).

De uma forma geral, a mulher apresenta níveis de flexibilidade superiores ao do homem, tendo uma maior capacidade de extensão da musculatura, dos tendões e dos ligamentos, em todas as idades. As razões desta diferença devem-se fundamentalmente às actividades realizadas pelos homens (submetidos frequentemente a actividades de força), diferenças anatómicas e hormonais, pois a maior quantidade de estrogéneo no sexo feminino também é responsável por um menor desenvolvimento da massa muscular e uma maior acumulação de água e polissacarídeos, minimizando o atrito entre as fibras musculares (Achour, 2004).

A flexibilidade pode variar ao longo do dia, sendo influenciada, por exemplo, pelos movimentos realizados nas tarefas da vida diária, promovendo um aumento na capacidade de extensibilidade dos tecidos moles (Cornelius et al., 1992; Burke et al., 2000).

A fadiga muscular, aumenta a resistência ao alongamento, tornando o músculo mais vulnerável face às solicitações mecânicas impostas pelo movimento. O estado emocional também influencia a performance do indivíduo (Nelson e Bandy, 2004).

2.7. Treino de flexibilidade

O programa de treino da flexibilidade é um programa de exercícios planeado e regular que permite permanentemente e progressivamente aumentar a ADM de uma articulação ou mais, quando aplicado durante um certo período de tempo (Deyne, 2001; Alter, 2004).

O alongamento pode ser dividido em duas categorias: auto-alongamento e alongamento muscular terapêutico, o primeiro tipo é geralmente realizado por indivíduos com prática desportiva, já o segundo é específico, com finalidade terapêutica, o qual deve ser planeado e supervisionado por um terapeuta, sendo realizado em indivíduos que apresentam algum tipo de disfunção músculo-esquelética (Alter, 2004).

Um dos maiores benefícios de um programa de treino de flexibilidade é o relaxamento muscular. O relaxamento diminui a tensão muscular. Os altos níveis de tensão muscular têm vários efeitos negativos como o aumento da pressão arterial, diminuição do aporte de oxigénio e de nutrientes (Deyne, 2001).

A presença de contracturas e tensão muscular crónica promove o encurtamento muscular e a incapacidade do músculo absorver impactos e resistir à tensão gerada, além de impedir a realização de vários movimentos (Alter, 2004).

O treino de flexibilidade tem como objectivo produzir uma deformação mais plástica do que elástica pois, na fase elástica, quando se remove a força que provoca o alongamento, o músculo volta ao comprimento de repouso, não se verificando alterações. Por outro lado, na fase plástica os músculos continuam distendidos o que provoca alterações mais permanentes quando retiramos a força que origina o alongamento (Deyne, 2001; Feland et al., 2001; Davis et al., 2005).

Existe muita controvérsia e pouco consenso sobre as recomendações quanto à duração, frequência, tempo e intensidade do treino de flexibilidade (Handy e Woodall, 1998; Alter, 2004). Devido à diversidade estrutural e morfológica, é quase impossível

estabelecer quanto tempo um tecido deve ser alongado. Segundo os investigadores Bandy e Iron (1994) um alongamento estático para os músculos posteriores da coxa de 30 segundos é mais efectivo que o alongamento de tempo inferior. No entanto, não demonstrou ser mais eficaz quando comparado com o alongamento de 60 segundos.

Bandy et al. (1997), realizaram um estudo com 93 indivíduos com o objectivo de determinar o tempo e a frequência ideal de alongamento dos músculos isquiotibiais (15, 30 e 60 segundos), para promover aumento na ADM. Os investigadores reportaram que um alongamento estático de 30 segundos apresenta-se como o mais efectivo, assim como não sendo vantajosa a passagem da frequência de alongamento de 1 para 3 vezes por dia. Contudo, Feland et al. (2001) descrevem que os alongamentos estáticos de 60 segundos produziram melhores resultados no aumento da flexibilidade dos isquiotibiais do que alongamentos de outras durações (15, 30 segundos).

2.8. Precauções e contra-indicações no treino de flexibilidade

Durante a realização de exercícios para promover o aumento de flexibilidade devem ser tomadas algumas precauções: evitar o alongamento excessivo, o que tornará as articulações hiperflexíveis e instáveis, transformando-as susceptíveis a lesões; evitar alongamentos vigorosos após uma imobilização prolongada, devido à perda de tensão adquirida pelos tendões e ligamentos, podendo resultar em ruptura; indivíduos com osteoporose; e idade avançada (Kisner e Colby, 2005).

Os indivíduos que não participam regularmente em programas de flexibilidade podem desenvolver contracturas miostáticas leves ou retracções, particularmente nos músculos biarticulares como os isquiotibiais (Kisner e Colby, 2005). A retracção muscular dos isquiotibiais altera as propriedades contrácteis e está frequentemente associada a lesões ao nível da coluna lombo-sagrada (Bandy e Iron, 1994).

No programa de exercícios de alongamento as contra-indicações são: comprometimento ou falta de estabilidade articular; integridade óssea ou vascular comprometida; inflamação ou infecção nas estruturas envolvidas (Hardy e Woodall, 1998; Alter, 2004; Kisner e Colby, 2005); limitação da ADM por alterações, que não sejam por retracção muscular; lesão aguda nas articulações; lesões nos tecidos moles; hematoma ou outras indicações de traumatismos teciduais (Alter, 2004; Kisner e Colby, 2005).

2.9. Avaliação da flexibilidade

Existem diferentes técnicas de alongamento para desenvolver a flexibilidade, assim como, também existem diferentes formas de a avaliar. Os testes existentes para a medição e avaliação da flexibilidade podem ser divididos em 3 grupos: angulares, lineares e adimensionais (Alter, 2004).

Os testes lineares caracterizam-se por expressar os seus resultados numa escala de distância, tipicamente em centímetros ou polegadas (Alter, 2004).

O *Sit and reach test* é frequentemente usado para avaliar a extensibilidade dos músculos isquiotibiais porque os procedimentos são simples, fáceis de administrar, requer um treino mínimo de habilidades (Hui e Yuen, 2000; Baltaci et al., 2003), de baixo custo, requer pouco espaço físico, fácil de transportar, seguro (Achour, 2004) e particularmente útil na avaliação em larga escala (Hui e Yuen, 2000; Baltaci et al., 2003). Todas estas vantagens garantem a aplicabilidade do teste (Achour, 2004), tendo a capacidade de fornecer uma indicação razoável da extensibilidade dos isquiotibiais (Baltaci et al., 2003).

A flexibilidade não se apresenta, portanto, como uma característica geral do corpo humano. Assim, o *Sit and reach test* não pode caracterizar o indivíduo, totalmente, como flexível (Achour, 2004).

Existem vários estudos que sobre a validade e fiabilidade dos protocolos do *Sit and reach test* (Jones et al., 1998; Baltaci et al., 2003), indicando ser um bom instrumento de medida na avaliação da flexibilidade dos isquiotibiais. No entanto, é importante que o profissional saiba não apenas interpretar os resultados quantitativos de flexibilidade, mas também determinar a qualidade do movimento realizado (Achour, 2004).

Revisão da literatura da Vibração Corporal

2.10. História de exercício vibratório

Em 1880, Jean-Martin Charcot, neurologista e professor de língua francesa, conhecido por introduzir a hipnose na busca da cura da histeria, percebeu que indivíduos com doença de Parkinson evidenciaram uma redução dos sintomas após viagens de comboio

e de cavalo. Com base nesta hipótese, ele desenvolveu uma cadeira vibratória com uma finalidade terapêutica. A partir dos estudos de Charcot, no período de 1890 e 1910, outros investigadores, produziram diferentes tipos de terapia de vibração em humanos. Na antiga Alemanha Oriental, na década de sessenta, o Dr. Biermann realizava experiências com o uso de oscilações cíclicas com o objetivo de identificar os seus efeitos sobre o corpo humano. Em 1970, o Professor Vladimir Nazarov desenvolveu um programa de treino vibratório para atletas da antiga União Soviética, concluindo a sua eficácia no aumento de força e flexibilidade (Albasini et al., 2010).

2.11. Definição de vibração e exercício vibratório

O exercício vibratório é um estímulo mecânico caracterizado pelo movimento oscilatório, transmissível por todo o corpo através de uma plataforma. Os instrumentos existentes usam dois tipos de vibração: (a) vibração vertical síncrona, significando uma oscilação vertical uniforme com direção cima/baixo; (b) deslocamentos verticais alternados de esquerda/direita, implementando acelerações laterais (Albasini et al., 2010).

2.12. Indicações e contra-indicações de exercício vibratório

A vibração laboral pode ser prejudicial para a saúde, especialmente dos trabalhadores continuamente expostos a vibrações de vários tipos de maquinaria (Mester et al., 1999; South, 2004). Contudo, a maioria dos estudos sobre exercício vibratório foram conduzidos aguda e intermitentemente sem relatos de efeitos prejudiciais para intervenientes. Controversamente Crewther et al. (2004), observaram que nos estudos de exercício vibratório, em indivíduos sedentários, foram relatados alguns efeitos como, calor nos pés, prurido nos membros inferiores, vertigens e um severo desconforto na articulação da anca. Também Cronin et al. (2004) reportaram dor mandibular, na região do pescoço e membros inferiores, que diminuíram após 7 – 10 dias de tratamento de fisioterapia. No entanto, Crewther et al. (2004) e Cronin et al. (2004) não divulgaram plenamente a informação que os participantes tinham sobre a plataforma vibratória, ou se aplicaram critérios de exclusão, potenciando determinados efeitos. Os participantes destes estudos realizaram o exercício vibratório apenas com uma ligeira flexão do joelho, o que poderia potenciar a transmissão de vibração para áreas como a anca e mandíbula, como relatam os autores (Abercromby et al., 2007, Pel et al., 2009),

afirmando que quanto menor o ângulo de flexão do joelho, maior a transmissão de vibração para a cabeça.

O exercício vibratório pode originar eritema nos membros inferiores, sendo reportado pelos participantes uma sensação de calor nos membros inferiores, assim como prurido, que normalmente diminui após alguns minutos sem qualquer efeito prejudicial para o corpo humano (Rittweger et al., 2000; Kersch-Schindl et al., 2001; Russo et al., 2003; Roleants et al., 2004; Hazell et al., 2008). Contudo, as causas do aparecimento desse prurido são desconhecidas, mas é sugerido que o aumento do fluxo sanguíneo seja o principal factor, enquanto outra teoria é que a vibração induz forças de cisalhamento na pele que produz vasodilatação e é mediada pela libertação de histamina (Rittweger, 2010).

A vibração corporal tem vindo a ser indicada para melhoria das funções, como por exemplo, equilíbrio, força muscular, flexibilidade e controlo motor; assim como, na melhoria de condições específicas como sarcopenia, osteopenia, acidente vascular cerebral, doença de Parkinson, diabetes, fibromialgia, dor lombar, atrofia muscular devido a imobilização, e como forma de prevenção de lesões (Albasini et al., 2010).

O treino por vibração corporal não é indicado em indivíduos com epilepsia (Roelants et al., 2006; Zepetnek et al., 2009), história de fractura (Cardinale e Lim, 2003; Zepetnek et al., 2009), hérnia discal (Roelants et al., 2006; Cochrane et al., 2008; Zepetnek et al., 2009), neoplasias (Cochrane et al., 2008; Zepetnek et al., 2009), pace-maker, diabetes (Zepetnek et al., 2009), tromboflebitis, aneurisma da aorta, próteses (nos membros inferiores e /ou coluna vertebral) (Cochrane et al., 2008) e sintomatologia dolorosa na coluna lombar (Baltaci et al., 2003; O'Sullivan et al., 2009).

2.13. Tipo de exercício vibratório

O exercício vibratório como já foi referido, tem vindo a ser realizado sobre diversas formas. Em 1895, o investigador Harvey Kellogg (Estados Unidos) construiu uma cadeira vibratória e uma plataforma vibratória (Albasini et al., 2010). Foi também utilizada uma vibração local aplicada directamente no músculo ou tendão (Warman et al., 2002; Jackson e Turner, 2003). Entre outros, foram construídos equipamentos vibratórios para treinos de flexibilidade (Sands et al., 2006; Kinser et al., 2008; Sands et

al., 2008). Os instrumentos vibratórios expandiram-se ao treino de resistência, sendo a vibração transmitida através de cabos de várias máquinas (Issurin e Tenenbaum, 1999).

A plataforma vibratória foi depois desenvolvida por um treinador olímpico holandês, Guus van der Meer, que adaptou o treino inicialmente em atletas de alta competição, e posteriormente a indivíduos de todas as idades, peso e níveis físicos (Albasini et al., 2010).

2.14. Transmissão de vibração

Actualmente, existe uma vasta indústria de comercialização de plataformas vibratórias, orientados para a saúde, bem-estar e desporto. Sendo que a principal distinção entre os aparelhos, é a forma como é transmitida a vibração (Albasini et al., 2010).

Existem vários tipos de ondas de transmissão de vibração: sinoidal, multissinoidal, transitório, choque, estacionária aleatória e não estacionária aleatória (Mester et al., 2006) (Ilustração 3).

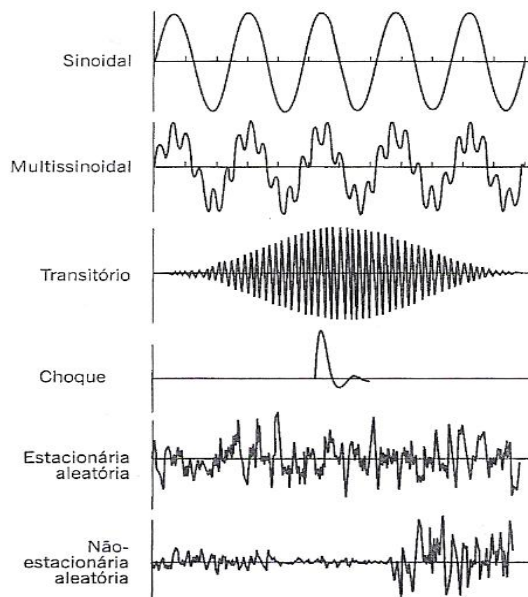


Ilustração 3 - Diferentes tipos de ondas vibratórias (Griffin, 1994).

A vibração pode ser transmitida com uma orientação sinusoidal alternada, isto é, é induzida uma vibração alternadamente entre o lado esquerdo e o lado direito da plataforma; podem ser caracterizados por oscilações sinusoidais síncronas (Ilustração 4

e 5), como é o caso da Power Plate® (Ilustração 6), onde os estímulos mecânicos aplicados, são transmitidas a partir dos pés para o resto do corpo, simultaneamente em ambos os lados da plataforma são (Albasini et al., 2010); ou oscilações vibratórias com inclinações antero-posteriores (Ezenwa e Yeoh, 2011) (Ilustração 6).

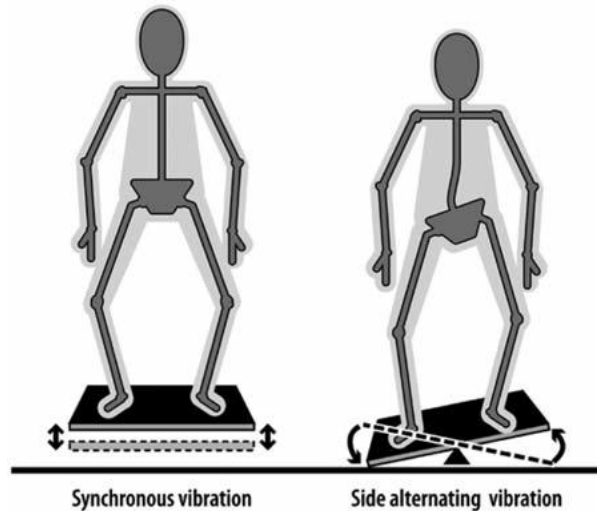


Ilustração 4 - Direção dos movimentos vibratórios na plataforma vibratória: oscilação sinusoidal síncrona; e oscilação sinusoidal alternada (Rittweger, 2010).

Os indivíduos que praticam determinados desportos ou actividade física, são também expostos a diversas formas de ondas vibratórias, como o skate, bicicleta em montanha, downhill, andar, correr, ou impacto de uma bola (Griffin, 1994).

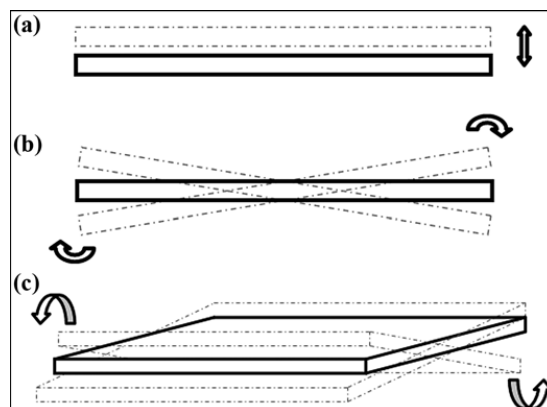


Ilustração 5 - Desenho esquemático de deslocamentos vibratórios em diferentes frequências na plataforma de movimento: (a) oscilação sinusoidal vertical; (b) oscilação sinusoidal vertical alternada; e (c) oscilação com inclinação antero-posterior (Ezenwa e Yeoh, 2011).

A maioria das plataformas vibratórias contemporâneas produzem oscilações sinusoidais periódicas, onde a energia é transferida da plataforma para o corpo humano (Griffin, 1994).

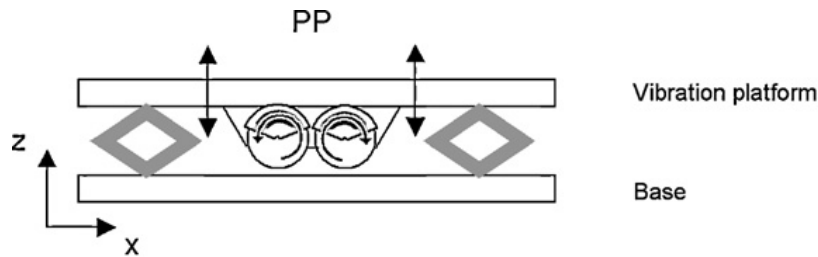


Ilustração 6 - Desenho esquemático da oscilação sinusoidal síncrona induzida pela Power Plate® (Pel et al., 2009).

2.15. Parâmetros do exercício vibratório

Os parâmetros biomecânicos da vibração corporal são frequência, amplitude, magnitude, duração (Griffin, 1994; Albasini et al., 2010) (Ilustração 7) e posição corporal (Albasini et al., 2010). O número de ciclos de oscilação por segundo determina a frequência; a amplitude refere-se ao deslocamento do movimento oscilatório; a aceleração, mensurada em metros por segundo (m/s^2 ou g) determina a magnitude; a duração refere-se ao tempo de exposição. Normalmente, o exercício vibratório é administrado na ordem dos 0 – 45 Hz, amplitude (A) de 0 – 12 milímetros (mm) e aceleração de 0 – 18 g (Griffin, 1994).

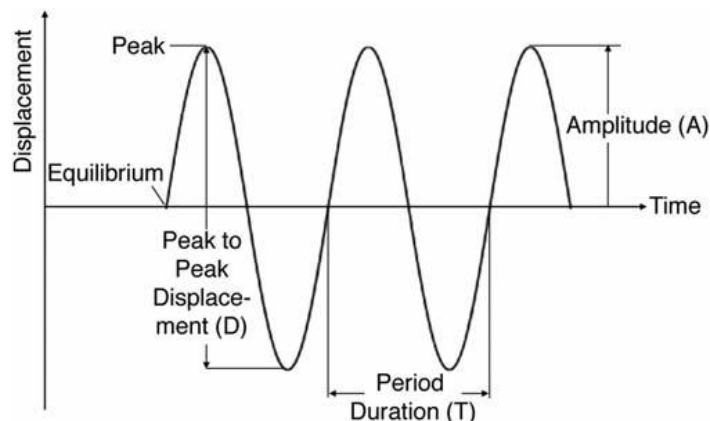


Ilustração 7 - Parâmetros da oscilação sinusoidal (Rauch et al., 2010).

Muitos investigadores utilizam uma frequência constante, como 18 Hz (Rittweger et al., 2002), 26 Hz (Kerschan-Schindl et al., 2001), ou 30 Hz (De Ruyter et al., 2003; Van den

Tillaar, 2006), em sessões de curto e longo prazo. Outros estudos referem o aumento da frequência vibratória durante ou depois da sessão do exercício vibratório (Delecluse et al., 2003; Roelants et al., 2004), mas a frequência ideal para promover o aumento de flexibilidade permanece desconhecida.

Em relação à duração do exercício vibratório, a maioria dos estudos ou foram realizados de forma aguda para sessões individuais ou múltiplas, ou realizadas de forma intermitente (30 segundos – 60 segundos de exposição), ou contínua (3 – 5 minutos de exposição) (Bosco et al., 2000; Cardinale e Lim, 2003; Cochrane e Stannard, 2005; Cormie et al., 2006; Bullock et al., 2008; Hopkins et al., 2008; Adams et al., 2009).

2.16. Efeitos do exercício vibratório na actividade reflexa

O músculo esquelético é um tecido capaz de alterar a sua capacidade funcional em resposta a diferentes estímulos. A influência da carga gravitacional sobre o desempenho muscular é bastante importante. Em condições normais, perante a actividade diária da gravidade, os músculos são capazes de manter o desempenho das suas funções. Contudo, quando a carga é reduzida gravitacionalmente (microgravidade), é observada uma diminuição da massa muscular e na capacidade de gerar força. Por outro lado, um aumento na carga gravítica (hipergravidade) promove o aumento da área de secção transversal do músculo e, por sua vez, maior capacidade de gerar força muscular (Fitts et al., 2003).

A activação muscular por meio do exercício vibratório pode induzir um aumento da força muscular semelhante ao treino de fortalecimento convencional. A similaridade do efeito está provavelmente relacionada com as características da carga imposta pela vibração, como é possível observar nos exercícios pliométricos e de fortalecimento, que promovem um aumento da carga gravitacional sobre o sistema neuromuscular (Cardinale e Bosco, 2003).

O exercício vibratório, devido às rápidas acelerações, impõe uma actividade hipergravitacional (Issurin et al., 1994; Bosco et al., 1998; Bosco et al., 1999; Issurin e Tenenbaum, 1999; Bosco et al., 2000; Torvinen et al., 2002). O exercício vibratório pode aumentar a carga gravitacional até 14 G's (constante gravitacional) (Bosco et al., 1998; Bosco et al., 1999; Bosco et al., 2000; Torvinen et al., 2002).

A acção mecânica da vibração produz adaptações rápidas e curtas no comprimento das estruturas músculo-tendinosas. Este estímulo é perceptível através dos receptores sensoriais, que estimula o sistema neuromuscular para a actividade reflexa, sendo que, quando o estímulo vibratório é relativamente curto, este promove uma activação voluntária mais forte e eficaz do músculo. A importância desses diferentes mecanismos pode ser avaliada através da análise do efeito da vibração na estimulação magnética transcraniana e do reflexo de Hoffmann (reflexo H). Neste contexto, torna-se essencial entender os mecanismos responsáveis pelo desempenho físico quando induzida a vibração (Cardinale e Bosco, 2003).

Reflexo miotático

Considera-se que uma atenuação da amplitude do reflexo miotático é um dado comum após um exercício de alta intensidade, contudo, após o exercício vibratório, a amplitude do reflexo miotático mantém-se ou aumenta, devido a um aumento da excitabilidade motora, sobretudo no que diz respeito às unidades motoras fásicas (fibras de rápida contração) (Rittweger et al., 2003).

Os investigadores descreveram diferenças significativas na amplitude do reflexo do tendão rotuliano após o exercício vibratório contínuo com uma frequência de 26 Hz com agachamento dinâmico até à exaustão muscular, quando comparado com o mesmo exercício sem a indução de vibração. Foi registado por EMG, o aumento do reflexo do tendão rotuliano após o exercício vibratório, enquanto após o exercício sem a indução de vibração este encontrava-se diminuído.

Através da eletromiografia (EMG), Melnyk et al. (2008) descreveram um aumento da resposta curta de latência dos isquiotibiais, após o exercício vibratório. Segundo os autores, estas informações sugerem um aumento na estabilidade da articulação do joelho, causada por uma adaptação do reflexo de excitabilidade de estímulos vibratórios directos. Neste contexto, o exercício vibratório promoveu um aumento na produção de força, atribuída pela melhoria da eficácia da coordenação neuromuscular, com base no aumento da actividade de sincronização das unidades motoras.

Reflexo H

O reflexo H (Ilustração 8) é uma medida de avaliação da actividade monossináptica da medula espinhal. Este reflexo difere do reflexo miotático pois é activado mais por estímulos eléctricos do que mecânicos, ignorando o fuso neuromuscular, actuando directamente na fibra aferente (Palmieri et al., 2004). O estímulo eléctrico causa a resposta do reflexo H, que resulta num aumento da excitabilidade das fibras aferentes Ia e motoneurónios alfa (Palmieri et al., 2004; Ritzmann et al., 2011).

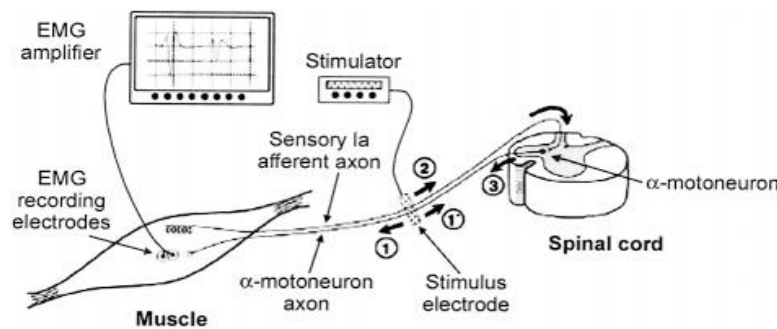


Ilustração 8 - Reflexo de Hoffmann (Palmieri et al., 2004).

Reflexo vibratório tónico (RVT)

A vibração quando aplicada a um músculo ou tendão pode promover uma contracção tónica reflexa nesse determinado músculo, ou no seu antagonista, dependendo do contexto experimental (Park e Martin, 1993; Issurin et al., 1994; Cardinale e Bosco, 2003). É sugerido que a vibração aguda pode melhorar o desempenho muscular através de potenciação neurogénica envolvendo os reflexos espinhais e a activação neuromuscular (Cardinale e Bosco, 2003, Rittweger et al., 2003).

A principal evidência no apoio da potenciação neurogénica é baseado em medições do RVT (Cochrane, 2011). Quando o FNM é estimulado de forma cíclica através de uma determinada vibração, desencadeia uma série de contracções musculares rítmicas, especificamente relacionadas com o estímulo vibratório, denominado por RVT, e que promove a contracção muscular ao mesmo ritmo que são produzidas as vibrações (Rittweger et al., 2003). Este efeito pode estar relacionado com uma maior sincronização de unidades motoras (Cardinale e Bosco, 2003), visto que esta resposta resulta principalmente a partir da actividade vibratória induzida nas terminações primárias (Ia) do FNM (Park e Martin, 1993). As terminações primárias do FNM são

mais sensíveis à vibração, quando comparado com as terminações secundárias do OTG (Cardinale e Bosco, 2003). Esta actividade é mediada por vias espinhais monossinápticas e polissinápticas, e é altamente dependente das influências centrais (Park e Martin, 1993). O estímulo vibratório é capaz de aumentar a actividade do FNM, o que provoca uma resposta excitatória nas terminações primárias do músculo em relaxamento (Cochrane, 2011). Assim, a amplitude do RVT depende da acessibilidade do neurónio motor a vias aferentes proprioceptivas. A contração tónica aumenta progressivamente com o tempo de exposição e pode persistir alguns segundos após terminado o estímulo vibratório (Park e Martin, 1993). No entanto, Rittweger et al. (2003) descrevem que o exercício vibratório reduz a actividade reflexa, provavelmente devido à inibição pré-sináptica.

Um dos conceitos do exercício vibratório é baseado na actividade reflexa, contudo, alterações nos diversos sistemas fisiológicos, como por exemplo, o sistema circulatório pode através do aumento da produção de calor, aumentar a extensibilidade muscular, potenciando o aumento de amplitude.

2.17. Efeitos do exercício vibratório nos sistemas fisiológicos

Os exercícios de agachamento estáticos e dinâmicos, sobre a plataforma vibratória, têm sido utilizados na investigação dos efeitos do exercício vibratório, com o objectivo de compreender as suas respostas nos diferentes sistemas fisiológicos (Cardinale et al., 2006) (Ilustração 9).

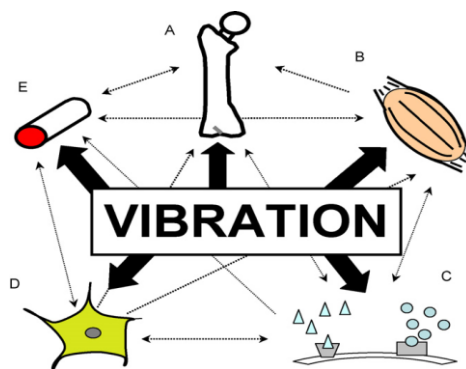


Ilustração 9 - Os potenciais efeitos da vibração corporal nos sistemas fisiológicos e a sua potencial interação. A vibração corporal modula o sistema: (A) esquelético; (B) muscular; (C) endócrino; (D) nervoso e (E) vascular, o que pode provocar respostas secundárias através da interacção entre os sistemas, dos quais a figura apresenta apenas as mais óbvias (Prisby et al., 2008).

Sistema esquelético

A vibração corporal tem sido utilizada para proporcionar acelerações mecânicas ao esqueleto apendicular e axial, no sentido de induzir o aumento de massa óssea (Rubin et al., 2003). Foram verificadas evidências da eficácia de vibração corporal no aumento de massa óssea em indivíduos com baixa densidade mineral óssea, adolescentes e idosos (Prisby et al., 2008). Contudo, Gómez-Cabello et al. (2013) descreveram que o exercício vibratório realizado três vezes por semana por um período de onze semanas, não demonstrou ser capaz de produzir alterações na densidade mineral óssea, em população idosa.

Os protocolos utilizados no exercício vibratório que reportam a melhoria da massa óssea utilizam frequências entre os 17-90 Hz e uma duração de 9–30 minutos (Christiansen e Silva, 2006). Os mecanismos justificativos podem estar relacionados com a perfusão de tecidos, os desequilíbrios hormonais, e/ou que ocorrem por meio de estimulação mecânica directa. Os potenciais efeitos da vibração corporal no sistema fisiológico pode ocorrer através de vários mecanismos directos ou indirectos (Prisby et al., 2008).

Sistema endócrino

As respostas hormonais ao exercício vibratório não têm sido extensivamente investigadas. Contudo Bosco et al. (2000), descrevem que a aplicação de dez minutos de exercício vibratório com uma frequência de 26 Hz numa plataforma com uma vibração sinusoidal síncrona, promoveu a melhoria da capacidade do salto vertical, o aumento de testosterona (T), o aumento da hormona de crescimento e a diminuição de cortisol em indivíduos jovens fisicamente activos, demonstrando o potencial do exercício vibratório no sistema endócrino, apesar de não existirem condições de controlo. Contudo, Di Loreto et al. (2004) realizaram um estudo controlado randomizado, reportando que dez minutos de exercício vibratório numa plataforma idêntica ao anterior estudo, com uma frequência de 30 Hz, numa amostra de dez indivíduos saudáveis reduziu o aumento de glucose no plasma e a concentração plasmática de noradrenalina, mas provocou alterações na hormona de crescimento, no factor de crescimento semelhante à insulina (IGF-1), e na livre e total (T).

Os efeitos da vibração nos sistemas neuromuscular e endócrino têm sido atribuídos ao aumento da carga gravitacional sobre o indivíduo que se encontra sobre a plataforma vibratória com uma média de forças G de 3 ± 91 vezes 1G, atingindo a tuberosidade da tibia (Cardinale e Bosco, 2003; Crewther et al., 2004).

O aumento na carga gravitacional sugere ser semelhante a uma experiência com exercício de resistência convencional. Alguns estudos têm demonstrado o aumento agudo nos níveis circulatórios de hormonas anabólicas, sendo observadas após uma única sessão de exercícios de resistência (Cardinale et al., 2006). Respostas similares foram reportadas por Bosco et al. (2000), mas não replicadas por Di Loreto et al. (2004), com um modelo de estudo mais apropriado. As respostas hormonais ao exercício de resistência foram investigadas com a manipulação de variáveis como a carga, o número de exercícios, séries e repetições e a intensidade relativa (Cardinale et al., 2006).

Cardinale et al. (2006) realizaram um estudo randomizado controlado, com uma amostra de nove indivíduos saudáveis do sexo masculino, com uma média de idades de vinte e dois anos, comparando os efeitos agudos de amplitudes diferentes do exercício vibratório nos níveis séricos de T e IGF-1. Os indivíduos realizaram vinte séries de um minuto de exercício vibratório com uma frequência de 30 Hz e amplitudes de 3 mm e 5mm. As amostras sanguíneas foram colectadas antes, após dez séries, e no final das vinte sessões de exercício vibratório. Os autores concluíram que o exercício vibratório não produziu alterações significativas nos níveis de T e IGF-1, quer com baixa ou alta amplitude, quando comparado com o grupo controlo.

Durante um período de dezasseis semanas, uma amostra de dez indivíduos com uma média de idades de trinta e três anos, realizaram o exercício vibratório três vezes por semana. As avaliações incluíram uma recolha dos dados antropométricos, composição corporal, função muscular e marcadores bioquímicos do estado endócrino e composição óssea. Para avaliar os efeitos agudos, as medições foram realizadas 60 minutos antes e 5, 30 e 60 minutos após o exercício vibratório. Os autores reportaram que o exercício vibratório pode estimular a secreção da hormona de crescimento, reduzir a circulação de cortisol e reduzir a reabsorção óssea. Estes efeitos são independentes de alterações na

função muscular e dependem do tipo de exercício vibratório que é aplicado (Elmantaser et al., 2012).

Sistema nervoso

É importante considerar a influência do exercício vibratório no SNC. O córtex somatossensorial primário e secundário, em conjunto com o córtex motor suplementar, constitui a unidade de processamento central de sinais aferentes. A vibração aplicada em diferentes frequências, tem a capacidade de activar o córtex somatossensorial primário e o córtex motor suplementar (Naito et al., 2000).

No exercício vibratório, a pele é o primeiro tecido a receber a transmissão do estímulo vibratório. No caso da transmissão vibratória ser feita através da planta dos pés, estes têm vários mecanorreceptores na pele capazes de transmitir essa informação ao SNC. A condução nervosa é realizada através de fibras sensoriais aferentes, podendo ser classificadas como: receptores de adaptação lenta e rápida. Os receptores de adaptação lenta produzem respostas constantes perante a estimulação estática. Por outro lado, os receptores de adaptação rápida são sensíveis à rápida aplicação e remoção de um estímulo vibratório, sendo particularmente sensíveis às vibrações mecânicas (Sonza et al., 2013).

O desempenho neuromuscular pode ser melhorado pela vibração corporal, assim como a vibração local, em atletas de alto rendimento (Luo et al., 2005). O exercício vibratório tem a capacidade de excitar a fáscia, tendões, e os componentes do citoesqueleto de forma activa e passiva (Albasini et al., 2010). As vibrações determinam o aumento do estado excitatório do sistema neuromuscular devido a um aumento na sensibilidade do reflexo miotático e da estimulação de áreas específicas do cérebro. Também, a influência central sobre o eixo hipotálamo-hipófise, desencadeia a secreção de hormonas específicas. Todos estes factores contribuem para o aumento da capacidade da força gerada do sistema músculo-esquelético (Cardinale e Bosco, 2003) (Ilustração 10).

um aumento proporcional da temperatura; e (c) indução de relaxamento do músculo alongado (Issurin et al., 1994).

No desporto, os estímulos dolorosos provocados pelo alongamento são comuns, pelas razões que as próprias modalidades exigem, no entanto, o aumento da tolerância à dor por alongamento, pode permitir progressos no que diz respeito à flexibilidade (Sands et al., 2006). O uso da vibração tem demonstrado diminuir sensações dolorosas (Lundeberg et al., 1984), e aumento da flexibilidade residual após uma sessão de vibração corporal (Cochrane et al., 2004; Jacobs e Burns, 2009).

Diversos estudos verificam os efeitos agudos e crónicos da vibração corporal na força explosiva e reactiva, utilizando diferentes metodologias (Bosco et al., 1998; Bosco et al., 2000; De Ruiter et al., 2003; Rittweger et al., 2003; Torvinen et al., 2003; Delecluse et al., 2004; Roelants et al., 2004). Os principais factores que podem influenciar o desempenho neuromuscular são: características de vibração, protocolos de vibração, frequência, amplitude e exercício. Basicamente, a intensidade da vibração sobre o sistema neuromuscular é determinado pela frequência e amplitude de vibração. Na maioria dos estudos a frequência aplicada varia entre 20 - 45 Hz, e a amplitude entre 1 - 5 mm (Luo et al., 2005).

As descargas aferentes provenientes da rápida adaptação dos mecanorreceptores são fortemente afectadas pela vibração. A sensibilidade à pressão do toque e vibração é prejudicada após o exercício vibratório. Após uma exposição de 10 min a única sessão de exercício vibratório, em geral, o tempo necessário para recuperar a sensibilidade táctil basal nos pés variam entre 2 – 3 horas (Sonza et al., 2013).

Os indivíduos reagem à frequência aplicada de modo diferente, o que significa que uma determinada frequência de vibração pode provocar uma resposta reflexa em todo o corpo (Cardinale e Lim, 2003), por exemplo, uma vibração de alta frequência pode diminuir a sincronização das unidades motoras, influenciando a performance neuromuscular de forma negativa (Martin e Park, 1997).

Abercromby et al. (2007) descreveram que através da aplicação da vibração corporal utilizando diferentes ângulos do joelho, em fase aguda, ocorre uma maior resposta neuromuscular em ângulos articulares entre 10° - 15°, quando comparado com ângulos

que variam entre 30° – 35°. Conseqüentemente, a vibração mecânica pode influenciar o desempenho do salto vertical, visto que são realizados em diferentes ângulos articulares e velocidade.

As cargas elevadas e/ou o exercício excêntrico repetitivo são conhecidos por provocar alterações na estrutura do sarcômero, resultando numa inflamação localizada, dor muscular e redução da função muscular, assim como o seu desempenho (Byrne et al. 2004).

Sistema cardiovascular

Respostas cardiovasculares e metabólicas têm vindo a ser observadas com o exercício de agachamento nas plataformas vibratórias, sugerindo que a vibração corporal poderia representar uma forma suave de exercício para o sistema cardiovascular (Rittweger et al., 2000; Kersch-Schindl et al., 2001).

Alguns autores descrevem que durante o exercício vibratórios os participantes expressaram uma sensação de calor nos membros inferiores e sensação aguda de prurido proveniente da vibração. Foi então sugerido que após vibração, a flexibilidade aumentaria devido ao aumento da temperatura muscular (Issurin et al., 1994).

Recorrendo à termografia, foi analisada a temperatura da pele de 24 indivíduos saudáveis, sedentários, antes e após a exposição ao protocolo de intervenção do exercício vibratório, em várias regiões dos membros inferiores. Foi utilizada a Power Plate®, com uma frequência de 35 Hz, uma amplitude de 5-6 mm com uma duração de 5 minutos. Os autores concluíram que após a exposição aguda ao exercício vibratório, mantendo uma posição isométrica com o joelho em flexão de 45°, a temperatura da face anterior da coxa diminuiu significativamente, por redução do aporte sanguíneo à pele, em resposta ao aumento da actividade muscular (Seixas et al., 2012).

Warman et al. (2002) propuseram que uma vibração local induzia vasodilatação, o que provocaria um aumento da temperatura muscular. Reciprocamente, Cronin et al. (2004) especularam que o exercício vibratório pode aumentar o desempenho muscular por aumento da temperatura muscular, o que põe em causa o papel da potenciação neurogénica. Existem alguns estudos que avaliaram alterações na temperatura da pele.

Hazell et al. (2008) reportaram um aumento da temperatura da pele na coxa após 16 minutos de vibração intermitente, com uma frequência de 45 Hz e amplitude de 2 mm. Os autores propuseram que o aumento da temperatura da pele foi devido ao reflexo das contracções musculares, causando alterações no comprimento da fibra muscular, que por sua vez, aumentaram o fluxo sanguíneo da pele, dissipando o calor. Alguns autores defendem que o exercício vibratório pode ser usado como procedimento de aquecimento, com base em observações nos resultados do exercício vibratório no aumento do salto vertical em altura (Cormie et al., 2006; Bazett-Jones et al., 2008).

Lythgo et al. (2009) reportaram que um aumento de frequência de 10 Hz para 30 Hz aumentou significativamente a velocidade média de células do sangue na artéria femoral, em que a frequência de 30 Hz demonstrou um aumento aproximadamente de 50%, quando comparado com outros níveis. Adicionalmente, Lohman et al. (2007) referem um aumento significativo do fluxo sanguíneo nos membros inferiores, após 10 minutos de exposição aguda à vibração.

Gojanovic e Henchoz (2012) avaliaram o batimento cardíaco e o volume de oxigénio (VO_2) na plataforma vibratória. A amostra foi dividida de forma aleatória por três grupos: o primeiro grupo realizou o exercício vibratório com uma oscilação sinusoidal alternada, com uma frequência de 26 Hz e uma amplitude de 7.5 mm; o segundo grupo realizou o exercício vibratório com uma frequência de 35 Hz e uma amplitude de 4 mm, numa plataforma com uma oscilação sinusoidal síncrona; e o terceiro foi o grupo de controlo, sem indução de vibração. Os autores verificaram que a vibração corporal potencia o aumento da resposta de batimento cardíaco, após 20 minutos de exercício vibratório, realizando três séries de 6 exercícios de 45 segundos, intercalando com 15 segundos de repouso, sem que exista aumento da percepção de esforço, podendo promover melhores adaptações do batimento cardíaco, em jovens mulheres sedentárias. Os benefícios deste estudo parecem ser maiores em populações sedentárias e mais velhas, apesar do estudo apresentar algumas limitações, como o facto de utilizar uma amostra de pequenas dimensões.

Da Silva et al. (2007) reportaram que os indivíduos que realizam um treino convencional, optimizam o seu gasto energético através da aplicação do exercício vibratório, induzindo uma maior estimulação metabólica e um maior gasto energético.

Esta tipo de treino, pode facilmente ser incluído como parte de um programa de treino de resistência.

Sistema muscular

A primeira aplicação de exercícios por vibração foi conduzida por cientistas da Ex-União Soviética, que descobriram a efectividade da vibração no aumento de força em indivíduos de alta competição. Consequentemente, os efeitos dos exercícios por vibração foram avaliados em fases agudas e crónicas utilizando diferentes protocolos de tratamento (Cardinale e Bosco, 2003).

O uso da plataforma vibratória como método para potenciar a flexibilidade, resistência e força muscular tem sido apresentado por diversos estudos (Issurin et al., 1994; Issurin e Tenenbaum, 1999; Cochrane et al., 2004; Cochrane e Stannard, 2005; Sands et al., 2006; Van Den Tillaar, 2006; Cronin et al., 2008, Kisner et al., 2008; Jacobs e Burns, 2009; Rauch, 2009).

Issurin e Tenenbaum (1999) descreveram que o exercício vibratório promoveu um aumento significativo imediato na potência média e potência máxima numa amostra de 28 estudantes de educação física do sexo masculino com idades compreendidas entre 18 – 42 anos. O aumento na capacidade do trabalho de força explosiva atribuída à estimulação vibratória foi de 30,1 Watts (W) e 29,8 W (10,4% e 10,2%) para a potência máxima e média, respectivamente, no grupo de atletas de alta competição, e 20,0 W e 25,9 W (7,9% e 10,7%), respectivamente, nos atletas amadores.

Lovell et al. (2013) descreveram que no intervalo de um jogo de futebol de alto rendimento, a força excêntrica dos isquiotibiais diminui, promovendo uma maior susceptibilidade de lesão. No entanto, estes autores sugerem que um exercício vibratório com pouca duração e baixa intensidade, permite que os atletas iniciem novamente a actividade neuromuscular de maior intensidade, mantendo a força excêntrica dos isquiotibiais, e por conseguinte, a diminuição do risco de lesão.

O exercício vibratório é como outra qualquer forma de treino, isto é, todo o indivíduo tem uma resposta ideal a uma determinada frequência ou intensidade de treino. Na maioria dos programas de treino estes são individualizados, no entanto, no exercício

vibratório, existe uma forte tendência na utilização de uma determinada frequência generalizada. Contudo, (Di Giminiani et al., 2009) observou após oito semanas, com treinos de três vezes por semana, de exercício vibratório com uma frequência individualizada determinada por actividade EMG da performance do vasto lateral e determinaram a frequência vibratória óptima para o músculo vasto lateral. Através de EMG foram registados no bíceps braquial de atletas de pugilismo, um aumento significativo da actividade neural durante o período de treino por vibração, em relação aos atletas que se encontravam em condições de treino normal. (Bosco et al., 1999). Contudo, os indivíduos sedentários têm um maior benefício do exercício de vibração a longo prazo, do que as pessoas que praticam exercício físico com frequência (Rehn et al., 2006).

No estudo realizado por (Delecluse et al., 2003), foi reportado que mantendo uma determinada posição estática na plataforma vibratória com uma frequência de 35 Hz e uma amplitude de 5 mm, aumenta a actividade registada por EMG nos músculos recto femoral e gastrocnémio medial, quando comparado com o grupo de condição placebo. Apesar do equipamento EMG ser um equipamento caro, e requerer um profissional especializado para assegurar a correcta interpretação dos dados, estes dados claramente indicam que deve ser utilizada uma frequência individualizada no exercício vibratório, para promover o máximo de benefícios deste tipo de treino.

A vibração corporal em jovens atletas promove uma melhoria residual numa fase aguda em relação ao salto vertical e à flexibilidade, quando aplicada uma frequência de 20 Hz, comparativamente a indivíduos sedentários (Cardinale e Lim, 2003).

Kawanabe et al. (2007), descrevem um efeito crónico após o exercício vibratório no desempenho do salto vertical, quando aplicada uma frequência de 12 – 20 Hz, por um período de dois meses. No entanto, Nordlund e Thorstensson (2007) relataram que a vibração corporal demonstra promover nenhum ou apenas pequenos efeitos adicionais sobre a força muscular e desempenho do salto, quando comparado com a realização dos mesmos exercícios, sem a vibração corporal, em indivíduos activos fisicamente. Contudo, Cormie et al. (2006), descrevem um aumento significativo do salto em contra movimento, imediatamente após o exercício vibratório com uma frequência de 30 Hz, apesar deste aumento dissipar-se após 5 minutos do treino.

Foi demonstrado que exercícios de fortalecimento muscular diminuíam a elasticidade do sistema músculo-tendinoso imediatamente após o treino. Utilizando um aparelho isocinético, com cargas máximas com exercícios de força em actividade concêntrica na articulação do joelho, resultou na diminuição de elasticidade muscular nos músculos isquiotibiais e tendões entre 20 - 28% (Magnusson, 1996).

Após 90 segundos de um exercício vibratório único, foi verificada uma redução de 7% na força isométrica voluntária máxima e uma redução de 9% na força máxima activa dos extensores do joelho dois minutos após o exercício vibratório (Rittweger et al., 2000).

A exposição à vibração corporal, potencia o sistema muscular, levando ao aumento da altura do salto em indivíduos assintomáticos (Rauch, 2009). Cochrane e Stannard (2005) analisaram a influência da vibração corporal em atletas do sexo feminino, comprovando a eficácia da vibração corporal na performance do salto vertical.

Os investigadores Bazet-Jones et al. (2008), relataram um aumento significativo de 2.3% no salto vertical numa amostra feminina sedentária após 5 minutos de exercício agudo vibratório. Também Adams et al. (2009), descreveram que em indivíduos sedentários expostos a uma vibração com duração de 30, 45, ou 60 segundos, respectivamente, com uma frequência entre 30-50 Hz, produziram um aumento na força do salto em contra movimento após 1 minuto de exercício vibratório, mantendo-se até 5 minutos após o exercício, mas decrescendo significativamente após 10 minutos.

Da Silva et al. (2006), encontraram após a aplicação de um protocolo de exercício vibratório intermitente executado com uma frequência de 30 Hz e uma amplitude de 4 mm, produz um aumento no salto vertical maior quando comparado com uma frequência de 20 Hz e 40 Hz. Contudo, a postura corporal adoptada durante o protocolo do exercício vibratório não é descrita.

Neste sentido, este estudo tem como principal objectivo a análise da influência do exercício vibratório na flexibilidade.

III. OBJECTIVOS, HIPÓTESES E VARIÁVEIS

3.1. Objectivo geral

1. O objectivo geral desta dissertação é estudar a influência da aplicação de um protocolo de vibração corporal na flexibilidade dos isquiotibiais.

3.2. Objectivos específicos

A concretização do objectivo geral será procurada através de determinados objectivos específicos:

1. Verificar se uma sessão de exercício vibratório é suficiente para promover uma variação da flexibilidade dos isquiotibiais.
2. Verificar se a flexibilidade dos isquiotibiais varia depois da manutenção de uma posição estática sem indução de vibração.
3. Verificar se a flexibilidade dos isquiotibiais varia entre o início e o fim do protocolo de exercício vibratório.
4. Verificar se os valores de flexibilidade dos isquiotibiais obtidos variam na primeira semana de treino em função do protocolo aplicado.
5. Verificar se os valores de flexibilidade dos isquiotibiais obtidos variam na segunda semana de treino em função do protocolo aplicado.

3.3. Hipóteses

Hipótese 1 – Os valores de flexibilidade dos isquiotibiais aumentam numa sessão, após a aplicação do protocolo de exercício vibratório.

Hipótese 2 – Os valores da flexibilidade dos isquiotibiais não variam após manutenção de uma posição estática sem indução de vibração.

Hipótese 3 – Os valores de flexibilidade dos isquiotibiais aumentam após a aplicação do protocolo de exercício vibratório.

Hipótese 4 – Os valores de flexibilidade dos isquiotibiais aumentam na primeira semana de exercício vibratório no grupo experimental.

Hipótese 5 – Os valores de flexibilidade dos isquiotibiais aumentam na segunda semana de exercício vibratório no grupo experimental.

3.4. Variáveis

Este estudo é do tipo experimental.

A variável dependente é a flexibilidade permitida pelos isquiotibiais e a variável independente é a vibração corporal.

IV. METODOLOGIA

O presente estudo, foi realizado nas instalações da Universidade Fernando Pessoa - Faculdade de Ciências da Saúde – Porto.

4.1. Descrição e caracterização da amostra

A amostra para este estudo foi constituída por 30 indivíduos do género masculino, não praticantes de actividade física regular, com o objectivo de aumentar a homogeneidade da amostra, impedindo discrepâncias entre os elementos constituintes.

Crítérios de selecção da amostra

Para inclusão no estudo os participantes tinham que preencher os seguintes critérios: idade compreendida entre os 18 e 27 anos (McBride et al., 2010); sexo masculino (Roelants et al., 2006; Edge et al., 2009); não realizar treinos de força/resistência nos últimos três meses (Paradisis e Zacharogiannis, 2007); não ter experiência de treino de flexibilidade por vibração corporal (Gerodimos et al., 2010), não ser portador de lesões do foro músculo-esquelético (Baltaci et al., 2003; O'Sullivan et al., 2009; Apple et al., 2010; Di Giminiani et al., 2013); neurológico, ortopedédico (Larsen et al., 2005; Roelants et al., 2006; Lohman et al., 2007; Cochrane et al., 2008); reumatológico (Larsen et al., 2005); vascular (Lohman et al., 2007; Cochrane et al., 2008; Di Giminiani et al., 2013); diabetes (Roelants et al., 2006); litíase renal (Di Giminiani et al., 2013); histórias de fracturas (Cardinale e Lim, 2003; Di Giminiani et al., 2013); e neoplasias em ossos.

Os voluntários foram questionados sobre eventuais patologias diagnosticadas previamente, já referidas e que foram consideradas critérios de exclusão. Caso referissem a presença de algum critério de exclusão, os voluntários eram informados que não poderiam participar no estudo e seria explicado o motivo.

Todos os participantes foram previamente informados e esclarecidos sobre os objectivos do estudo e declarado, por escrito, a aceitação em participar no estudo (Van Den Tillaar, 2006).

4.2. Descrição dos instrumentos

Os instrumentos utilizados no estudo foram: balança digital para recolhas de dados antropométricos; cronómetro como temporizador dos protocolos experimentais; régua métrica; goniómetro universal, instrumento de mensuração de ADM (Burke et al., 2001; Knight et al., 2001; Van Den Tillaar, 2006; Beedle e Mann, 2007); Power Plate®, plataforma vibratória com um sistema motorizado, tendo um mecanismo de controlo para frequências entre 30-50 Hz e baixa amplitude (2-3 mm) ou alta amplitude (5-6 mm) (Jordan et al., 2005; Lohman et al., 2007), com oscilações sinusoidais síncronas (Albasini et al., 2010); e *Sit and reach test*, uma caixa que possibilita testar a flexibilidade do grupo muscular Isquio-tibiais, em que o indivíduo se senta no solo, mantendo os joelhos em extensão, levando as mãos o mais longe possível em direção aos pés (Baltaci et al., 2003).

4.3. Procedimentos de intervenção

Foram recolhidas informações pessoais e características antropométricas de cada participante.

Os participantes foram divididos por dois grupos: A (Sem Vibração) e B (Vibração), recorrendo ao software Random Number Generator Pro 2.15 para Windows, no sentido de gerar a aleatorização dos participantes pelos grupos.

O estudo foi iniciado com todos os indivíduos a realizar o protocolo de aquecimento corporal. Posteriormente, todos os indivíduos foram sujeitos ao protocolo de avaliação da flexibilidade, assim como no final dos procedimentos de intervenção a que foram submetidos. Os dados relativos à flexibilidade dos participantes foram recolhidos antes dos procedimentos experimentais e no fim de cada de treino. Todas as intervenções e avaliações foram realizadas no mesmo local e horário do dia (Van Den Tillaar, 2006). O período de treino foi de três vezes por semana, durante duas semanas, prefazendo um total de seis sessões, efectuadas em dias alternados (De Ruitter et al., 2003).

4.4. Protocolos experimentais

Protocolo de aquecimento corporal

Antes da avaliação inicial da flexibilidade os indivíduos foram sujeitos a um aquecimento de dois minutos de passadeira rolante a uma velocidade de 4 km/h (Van Den Tillaar, 2006), numa sala onde a temperatura se encontra previamente regulada entre 22° - 24° e a humidade entre 35% – 40% (Lohman et al., 2007), para diminuir a susceptibilidade de lesão (Van Den Tillaar, 2006).

Protocolo de avaliação da flexibilidade

Os participantes foram submetidos ao *Sit and reach* test para avaliação da flexibilidade dos isquiotibiais, após o protocolo de aquecimento e no final do protocolo experimental a que foram submetidos de acordo com o grupo em que foram inseridos (Van Den Tillaar, 2006). Os indivíduos colocaram-se na posição de sentado no chão, com os joelhos em extensão e os pés em posição neutra, juntos ao banco de Wells (Van Den Tillaar, 2006; López-Miñarro, et al., 2009). Posteriormente, foi solicitado que alcançasse o máximo de amplitude de flexão da anca, mantendo o tronco alinhado, sem recorrer à flexão do tronco e joelhos de forma isolar o alongamento aos isquiotibiais (Baltaci et al., 2003). Os indivíduos colocaram a mão direita sobre a esquerda, e lentamente avançaram o quanto possível, deslizando as mãos ao longo da placa de medição (Baltaci et al., 2003; López-Miñarro, et al., 2009; Ayala et al., 2012).

No momento da posição final, que representa o ponto de tensão dos isquiotibiais, duas medidas foram registadas no centímetro mais próximo, sendo esta realizada no máximo por dois segundos e separadas por um período de descanso de dez segundos (Cochrane e Stannard, 2005).

Protocolo de Power Plate

Os indivíduos foram colocados na Power Plate, na posição estática inicial do protocolo, com a coluna vertebral erecta; músculos abdominais contraídos (Lohman et al., 2007); joelhos na amplitude articular de 110° (De Ruitter et al., 2003), sendo esta amplitude mensurada através do goniómetro universal alinhado com os pontos de referência anatómicos do membro inferior dominante anteriormente demarcados, nomeadamente o

grande trocanter, epicôndilo femural lateral e maléolo externo (Bandy et al., 1997; Gajdosik, 1991); e os pés apoiados no centro da plataforma (15-20 cm de distância), sendo esta distância medida através de uma régua métrica (De Ruyter et al., 2003) (Ilustração 11).

Em cada sessão, foram realizadas cinco intervenções de vibração corporal, com uma frequência de 30 Hz (De Ruyter et al., 2003) e baixa amplitude (2-3 mm) (Lohman et al., 2007), por um período de 60 segundos, sendo intercalado com 60 segundos de repouso (De Ruyter et al., 2003).

Em relação ao grupo de controlo, realizaram o mesmo protocolo experimental, exceptuando a indução de vibração corporal.

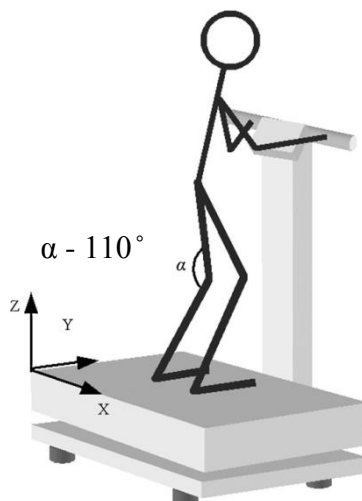


Ilustração 11 - Desenho esquemático da posição adoptada pelo participante no protocolo de Power Plate® (adaptado de Pel et al., 2009).

4.5. Procedimentos éticos

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da Universidade Fernando Pessoa - Faculdade de Ciências da Saúde – Porto.

Para a realização deste estudo foi entregue a cada um dos participantes no estudo uma declaração de consentimento informado, por escrito. Foram informados de todos os procedimentos a efectuar, dos objectivos do estudo, dos riscos que poderiam advir e ainda do direito de recusar a qualquer altura a sua participação no estudo, tendo ainda

sido esclarecidas todas as dúvidas colocadas. A confidencialidade e o anonimato foram mantidos ao longo de toda a investigação.

Foram seguidos, respeitados e preservados todos os princípios éticos, as normas e padrões internacionais que dizem respeito à Declaração de Helsínquia e à Convenção dos Direitos do Homem e da Biomédica.

4.6. Procedimentos estatísticos

Recorreu-se à análise exploratória dos dados para averiguar a normalidade (teste de Shapiro-Wilk) da distribuição de dados e expurgar outliers que pudessem influenciar os resultados. Foi aplicada a estatística descritiva (média e desvio padrão) para a caracterização da amostra e das variáveis em estudo, sendo utilizado o teste t para amostras independentes para estudar as diferenças entre os grupos (idade, IMC, flexibilidade), e foi utilizado o teste de análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas, com cálculo de tamanho de efeito (η^2 parcial) para estudar a variação dos valores de flexibilidade ao longo das sessões de treino e foi utilizado o teste post-hoc de Bonferroni para identificar diferenças par a par. O teste t para amostras emparelhadas permitiu verificar a comparação dos ganhos de flexibilidade da 1ª semana, 2ª semana e ganhos totais. Foi definido como valor de significância $p \leq 0.05$, recorrendo ao *software* IBM SPSS Statistics 20 para Windows.

V. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

5.1. Caracterização da amostra

A amostra demonstrou ser homogénea no que diz respeito à idade, IMC e flexibilidade inicial. Contudo, após análise exploratória verificou-se a existência de 3 outliers no grupo de controlo que foram necessariamente expurgados, visto influenciarem os resultados relativamente à variável flexibilidade. A amostra foi então composta por 27 indivíduos do sexo masculino, sendo 12 pertencentes ao grupo A (controlo) e 15 ao grupo B (experimental).

Na tabela 1 está representada a distribuição da amostra relativamente à idade, a média de idades dos indivíduos no grupo de controlo e experimental é, respectivamente, 24.75 e 23.53 anos, com um desvio padrão de 3.57 e 2.53 anos.

A média do IMC no grupo controlo é de 23.00 (dp=1.49) Kg/m², e no grupo experimental é de 23.17 (dp=2.63) Kg/m² (Tabela 1).

Tabela 1: Caracterização da amostra. Grupo, número de indivíduos, idade em anos (M±dp) e índice de massa corporal em Kg/m² (M±dp) e valores de p (teste t para amostras independentes).

| Grupo | A (Controlo) | n | B (Experimental) | n | p |
|--------------|---------------------|----------|-------------------------|----------|----------|
| Idade | 24.75±3.57 | 12 | 23.53±2.53 | 15 | 0.31 |
| IMC | 23.00±1.49 | 12 | 23.17±2.63 | 15 | 0.85 |

Pelos valores observados na tabela 1 considera-se que amostra é homogénea, isto é, existe a presença de similaridade entre os grupos quanto à idade (p=0.31) e IMC (p=0,85).

No que concerne à distribuição da amostra relativamente à flexibilidade inicial, a média no grupo de controlo e experimental é, respectivamente, -10.75 e -10.40, com um desvio padrão de 5.89 e 7.80 (Tabela 2).

Tabela 2: Caracterização da amostra. Grupo, número de indivíduos, flexibilidade inicial ($M \pm dp$) e valores de p (teste t para amostras independentes).

| Grupo | A (Controlo) | n | B (Experimental) | n | p |
|------------------------------|--------------|----|------------------|----|------|
| Flexibilidade Inicial | -10.75±5.90 | 12 | -10.40±7.81 | 15 | 0.90 |

Após análise da tabela 2 considera-se que amostra é homogénea quanto à flexibilidade inicial, isto é, existe a presença de similaridade entre os grupos ($p=0.90$).

5.2. Flexibilidade dos Isquiotibiais

Relativamente à ANOVA de medidas repetidas, não se tendo verificado o pressuposto da esfericidade, que trata da noção de que as variâncias nas avaliações ao longo do tempo não devem ser significativamente diferentes entre si, recorreu-se à correcção de Greenhouse-Geisser. Como podemos observar na tabela 3, a ANOVA de medidas repetidas revelou que o programa de treino aplicado foi responsável por alterações significativas nos valores de flexibilidade dos isquiotibiais no grupo de controlo ($F=12,66$; $p=0,00$) e no grupo experimental ($F=66,43$; $p=0,00$). O tamanho do efeito fornecido pela medida Eta^2 parcial foi moderado no grupo de controlo e elevado no grupo experimental.

Tabela 3: ANOVA de medidas repetidas (correção de Greenhouse-Geisser) nos grupos em estudo, F , valores de p e Eta^2 parcial (tamanho do efeito).

| Grupo | F | p | Eta^2 parcial |
|-------------------------|-------|------|------------------------|
| (A) Controlo | 12,66 | 0,00 | 0,54 |
| (B) Experimental | 66,43 | 0,00 | 0,83 |

Observando a tabela 4 verifica-se que no grupo controlo a média da flexibilidade inicial na 1ª semana, no que diz respeito à 1ª sessão foi de -10.75, com um desvio padrão de 5.90; na 2ª sessão a média foi de -10.75 ($dp=5.40$); enquanto na 3ª sessão a média foi de -10.08, com um desvio padrão de 5.49.

Tabela 4: Caracterização da flexibilidade. Grupo, flexibilidade inicial (M±dp) e flexibilidade final (M±dp) da 1ª semana e valores de p (ANOVA, teste de Bonferroni).

| Grupo A (Controlo) | 1ª sessão | 2ª sessão | 3ª sessão |
|------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Flexibilidade Inicial | -10.75±5.90 | -10.75±5.40 | -10.08±5.49 |
| Flexibilidade Final | -9.50±5.63 | -9.33±5.67 | -8.42±5.38 |
| p | 0.00 | 0.00 | 0.06 |

Em relação ao grupo controlo na 1ª semana, a média da flexibilidade final na 1ª sessão foi de -9.50, com um desvio padrão de 5.63; na 2ª sessão a média foi de -9.33, com um desvio padrão de 5.67; e na 3ª sessão a média foi de -8.42 (dp=5.38) (Tabela 4).

Observando a tabela 4 verificaram-se diferenças significativas nos valores da flexibilidade inicial, comparativamente aos valores da flexibilidade final, nas primeiras duas sessões da 1ª semana (p=0.00). Todavia, na terceira sessão da 1ª semana, não foram verificadas diferenças significativas (p=0.06).

Através da tabela 5 é possível observar que no grupo controlo a média da flexibilidade inicial na 2ª semana, em relação à 4ª sessão foi de -10.75, com um desvio padrão de 6.28; na 5ª sessão a média foi de -10.25, com um desvio padrão de 6.00; e na 6ª sessão a média foi de -10.08 (dp=6.22).

Tabela 5: Caracterização da flexibilidade. Grupo, flexibilidade inicial (M±dp) e flexibilidade final (M±dp) da 2ª semana e valores de p (ANOVA, teste de Bonferroni).

| Grupo A (Controlo) | 4ª sessão | 5ª sessão | 6ª sessão |
|------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Flexibilidade Inicial | -10.75±6.28 | -10.25±6.00 | -10.08±6.22 |
| Flexibilidade Final | -8.75±6.09 | -8.50±5.92 | -8.17±6.29 |
| p | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Em relação ao grupo controlo na 2ª semana, a média da flexibilidade final na 4ª sessão foi de -8.75, com um desvio padrão de 6.09; na 5ª sessão a média foi de -8.50 (dp=5.92); e na 6ª sessão a média foi de -8.17, com um desvio padrão de 6.29 (Tabela 5).

Pelos valores observados na tabela 5 considera-se que existem diferenças significativas nos valores da flexibilidade inicial, comparativamente aos valores da flexibilidade final, na 4^a, 5^a e 6^a sessão referente à 2^a semana ($p= 0.00; 0.00; 0.00$).

Relativamente à tabela 6, é possível verificar que no grupo experimental a média da flexibilidade inicial na 1^a semana, no que diz respeito à 1^a sessão foi de -10.40, com um desvio padrão de 7.81; na 2^a sessão a média foi de -9.33 ($dp=7.60$); e na 3^a sessão a média foi de -7.81, com um desvio padrão de 7.30.

Tabela 6: Caracterização da flexibilidade. Grupo, flexibilidade inicial ($M\pm dp$) e flexibilidade final ($M\pm dp$) da 1^a semana e valores de p (ANOVA, teste de Bonferroni).

| Grupo B (Experimental) | 1^a sessão | 2^a sessão | 3^a sessão |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Flexibilidade Inicial | -10.40±7.81 | -9.33±7.60 | -7.87±7.30 |
| Flexibilidade Final | -5.87±7.33 | -4.67±7.15 | -3.33±7.29 |
| p | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Na 1^a semana o grupo experimental, obteve uma média na flexibilidade final na 1^a sessão de -5.87, com um desvio padrão de 7.33; na 2^a sessão a média foi de -4.67, com um desvio padrão de 7.15; e na 3^a sessão a média foi de -3.33 ($dp=7.29$) (Tabela 6).

Verificando a tabela 6 verificaram-se diferenças significativas nos valores da flexibilidade inicial, comparativamente aos valores da flexibilidade final, na 1^a, 2^a e 3^a sessão, relativamente à 1^a semana ($p=0.00; 0.00; 0.00$), de acordo com a análise de variância.

No grupo experimental a média da flexibilidade inicial na 2^a semana, em relação à 4^a sessão foi de -8.73, com um desvio padrão de 7.93; na 5^a sessão a média foi de -7.40, com um desvio padrão de 8.12; e na 6^a sessão a média foi de -6.40 ($dp=8.35$) (Tabela 7).

Tabela 7: Caracterização da flexibilidade. Grupo, flexibilidade inicial (M±dp) e flexibilidade final (M±dp) da 2ª semana e valores de p (ANOVA, teste de Bonferroni).

| Grupo B (Experimental) | 4ª sessão | 5ª sessão | 6ª sessão |
|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Flexibilidade Inicial | -8.73±7.93 | -7.40±8.12 | -6.40±8.35 |
| Flexibilidade Final | -3.80±7.77 | -2.67±8.00 | -1.20±8.22 |
| p | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Em relação ao grupo experimental na 2ª semana, a média da flexibilidade final na 4ª sessão foi de -3.80, com um desvio padrão de 7.77; na 5ª sessão a média foi de -2.67 (dp=8.00); e na 6ª sessão a média foi de -1.20, com um desvio padrão de 8.22 (Tabela 7).

Após análise da tabela 7 verificaram-se diferenças significativas nos valores da flexibilidade inicial, comparativamente aos valores da flexibilidade final, na 4ª, 5ª e 6ª sessão referente à 2ª semana (p= 0.00; 0.00; 0.00).

Pelos valores observados na tabela 8 considera-se que não existem diferenças significativas entre os grupos quando comparados os valores da média da flexibilidade inicial 1, flexibilidade final 1, flexibilidade final 3 e flexibilidade inicial 4 (p=0.90; 0.17; 0.06; 0.48), todavia existem diferenças significativas entre os grupos no que diz respeito aos valores da média da flexibilidade final 6 (p= 0.02) (Ilustração 12).

Tabela 8: Caracterização da flexibilidade. Grupo, flexibilidade inicial 1 (M±dp), flexibilidade final 3 (M±dp), flexibilidade inicial 4 (M±dp), flexibilidade final 6 (M±dp) e valores de p (teste t para amostras independentes).

| Grupo | A (Controlo) | B (Experimental) | p |
|--------------------------------|---------------------|-------------------------|----------|
| Flexibilidade Inicial 1 | -10.75±5.90 | -10.40±7.81 | 0.90 |
| Flexibilidade Final 1 | -9.50±5.63 | -5.87±7.33 | 0.17 |
| Flexibilidade Final 3 | -8.42±5.38 | -3.33±7.29 | 0.06 |
| Flexibilidade Inicial 4 | -10.75±6.28 | -8.73±7.93 | 0.48 |
| Flexibilidade Final 6 | -8.17±6.29 | -1.20±8.22 | 0.02 |

Eficácia da vibração corporal na flexibilidade dos Isquiotibiais

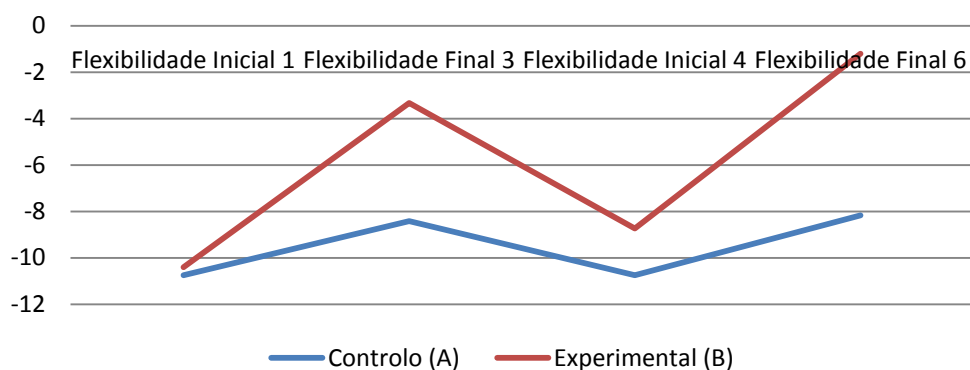


Ilustração 12 – Variação da flexibilidade ao longo das duas semanas de protocolos aplicados, em ambos os grupos.

Na tabela 9 verifica-se que a média dos ganhos obtidos pelo grupo controlo na 1ª semana foram de 2.33, com um desvio padrão de 1.44, enquanto no grupo experimental foi verificada uma média nos ganhos de flexibilidade de 7.06 (dp=2.25).

Tabela 9: Caracterização da flexibilidade. Grupo, ganhos de flexibilidade na 1ª semana (M±dp), ganhos de flexibilidade na 2ª semana (M±dp), e ganhos totais (M±dp) e valores de p (teste t para amostras independentes).

| Grupo | $\Delta 1^{\text{a}}$ semana | $\Delta 2^{\text{a}}$ semana | Δ totais |
|------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|
| (A) Controlo | 2.33±1.44 | 2.58±1.51 | 2.58±0.79 |
| (B) Experimental | 7.06±2.25 | 7.53±2.29 | 9.20±2.08 |
| p | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Na 2ª semana o grupo controlo obteve ganhos com uma média de 2.58, com um desvio padrão de 1.51, no entanto, no grupo experimental verifica-se uma média de 7.53 com um desvio padrão de 2.29 (tabela 9).

Em relação aos ganhos totais, foi possível verificar no grupo controlo uma média de ganhos de flexibilidade de 2.58 (dp=0.79). O grupo experimental demonstrou uma média de ganhos totais de 9.20 (dp=2.08) (Tabela 9).

As diferenças apresentadas anteriormente entre o grupo de controlo e experimental relativamente aos ganhos da 1ª semana, 2ª semana e totais são estatisticamente significativas (p= 0.00; 0.00; 0.00) (Tabela 9).

Na tabela 10, é possível verificar que não existem diferenças significativas na média dos ganhos de flexibilidade da 1ª semana, comparativamente à média de ganhos de flexibilidade da 2ª semana em ambos os grupos ($p=0.67$; 0.58).

Tabela 10: Caracterização da flexibilidade. Grupo, ganhos de flexibilidade na 1ª semana ($M\pm dp$), ganhos de flexibilidade na 2ª semana ($M\pm dp$), e valores de p (teste t para amostras emparelhadas).

| Grupo | $\Delta 1^a$ semana | $\Delta 2^a$ semana | p |
|------------------|---------------------|---------------------|------|
| (A) Controlo | 2.33 ± 1.44 | 2.58 ± 1.51 | 0.67 |
| (B) Experimental | 7.06 ± 2.25 | 7.53 ± 2.29 | 0.58 |

Após o cumprimento do protocolo proposto por cada grupo, o grupo controlo obteve ganhos totais na flexibilidade de 24.00%, enquanto no grupo experimental foram verificados ganhos totais na flexibilidade de 88.46% (Ilustração 13).

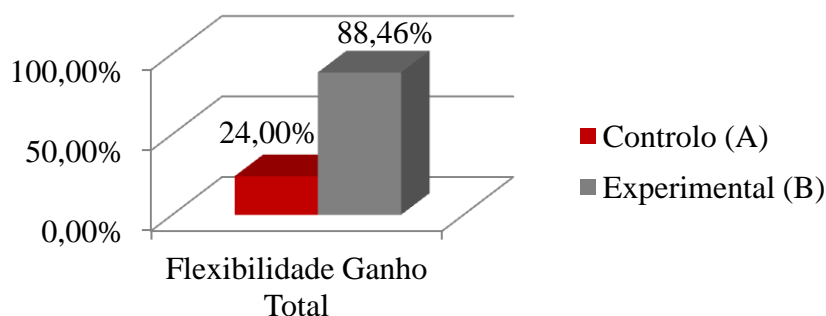


Ilustração 13 – Percentagem dos ganhos totais do grupo controlo e grupo experimental.

VI. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O objectivo deste estudo foi analisar a eficácia da vibração corporal na flexibilidade dos isquiotibiais.

Após a apresentação dos resultados é necessária a correcta interpretação da informação contida nesta análise para que se possa equacionar a possibilidade de transposição da pesquisa para a prática clínica.

Os efeitos da vibração corporal vêm sendo divulgados ao longo dos anos, investigando o uso da vibração no sentido de melhorar o rendimento desportivo, assim como na reabilitação (Rittweger et al., 2002).

Estudos anteriores relatam um aumento na flexibilidade após uma exposição aguda de vibração corporal, contudo estes resultados foram verificados em atletas de alto rendimento (Issurin et al., 1994; Cochrane & Stannard, 2005), e utilizando o exercício vibratório combinado com o alongamento (Sands et al., 2006).

Alguns autores testaram a eficácia da vibração corporal na flexibilidade de indivíduos sedentários, relatando resultados positivos, usando frequências entre 15-40 Hz e amplitudes de 5-8mm (Cardinale et al., 2003; Gerodimos et al., 2009; Jacobs & Burns 2009).

No estudo realizado por Cardinale e Lim (2003), foi utilizada uma amostra de 15 participantes sedentários (2 mulheres; 13 homens), divididos aleatoriamente em dois grupos, sendo expostos a uma vibração de 20 Hz e 40 Hz, respectivamente. Foram examinados os efeitos agudos da vibração corporal na flexibilidade, tendo sido observadas diferenças significativas apenas no grupo de baixa frequência. No entanto, este estudo não possui grupo de controlo, para que seja possível identificar variações da flexibilidade perante o estímulo vibratório, quando comparado com o grupo de controlo.

No presente estudo, o grupo de controlo apresentou ganhos significativos entre a avaliação inicial e a avaliação final do protocolo, assim como alterações significativas em cada sessão realizada, exceptuando na 3ª sessão.

Os mecanismos neurais causados pela posição isométrica adoptada pelo participante no decorrer dos protocolos sem indução de vibração corporal, poderão justificar os resultados obtidos pelo grupo controlo, apesar de este não ter sido sujeito ao protocolo de vibração.

Burke et al. (2000) sugerem que as adaptações viscoelásticas das propriedades mecânicas (elasticidade e plasticidade) podem originar a diminuição da excitabilidade do neurónio motor α . Este processo permite uma maior capacidade de alongamento por parte do tecido muscular (Deyne, 2001; Feland et al., 2001; Davis et al., 2005).

Estas adaptações são também visíveis através da co-ativação ou co-contração provocada pela isometria, isto é, a contração de dois músculos opostos com um alto nível de actividade nos músculos agonistas, simultaneamente com um baixo nível de actividade no músculo antagonista da mesma articulação (Alter, 2004), permitindo portanto, uma maior disposição para os tecidos moles alongarem via fenómeno de inibição recíproca, relaxando os isquiotibiais e facilitando o seu alongamento.

No grupo experimental foram observadas diferenças significativas no final de todas as sessões. Estes resultados são congruentes com a descrição apresentada pelos investigadores Van Den Tillar (2006) que descreve que após 3 semanas de exercício vibratório, com uma frequência de 28 Hz e amplitude de 10 mm, houve um aumento significativo (30%) na flexibilidade dos isquiotibiais, comparado com o grupo controlo (14%), que apenas executou o protocolo de alongamento, que consistiu, na realização de três alongamento dos isquiotibiais, com uma duração de 30 segundos cada, intercaladamente em ambos os membros, após uma contracção isométrica de 5 segundos. Os autores sugerem que o aumento da flexibilidade por indução de vibração quando comparado com o treino de flexibilidade convencional se deve às seguintes razões: a) aumento do fluxo sanguíneo, que aumenta a temperatura muscular, promovendo o ganho de elasticidade; b) inibição muscular do antagonista, que aumenta a activação muscular do quadricipete, e relaxa os isquiotibiais; e c) uma aumento do feedback proprioceptivo, que inibe a dor. Outro estudo, com a duração de 8 semanas (3x/ semana), com o exercício vibratório com uma frequência de 35 Hz e amplitude de 4 mm, reportou um aumento da flexibilidade nos resultados do *Sit & reach* test em (13%), quando comparado com o grupo controlo (Fagnani et al., 2006).

Neste estudo, foi possível verificar que as diferenças significativas obtidas no final da primeira sessão, em ambos os grupos, não são justificadas pelo estímulo vibratório, pois estes ganhos entre o grupo controlo e o grupo experimental não são diferentes estatisticamente, sugerindo que outros mecanismos foram um factor inerente em ambos os protocolos.

Os resultados obtidos pelo grupo experimental parecem justificar que a vibração aumenta o reflexo miotático através das terminações primárias do FNM, influenciando a contracção do músculo agonista, enquanto os músculos antagonistas são simultaneamente inibidos, tal como defendem Rothmuller e Cafarelli (1995), facilitando posteriormente o alongamento (fenómeno de inibição recíproca). Além disso, de acordo com Cardinale e Bosco (2003) o aumento agudo do desempenho neuromuscular após o exercício vibratório está provavelmente relacionado com um aumento na sensibilidade do reflexo miotático, parecendo inibir a activação dos músculos antagonistas, alterando dessa forma, os padrões de coordenação intramuscular, causando uma diminuição na capacidade de resposta em torno das articulações estimuladas pela vibração.

Gerodimos et al. (2010) reportaram que os efeitos benéficos do exercício vibratório na flexibilidade se mantinham pelo menos durante 30 minutos. Apesar de não dispormos de dados que possam corroborar ou contrapor os resultados deste autor, foi possível verificar em ambos os grupos uma diminuição da flexibilidade do final da primeira semana para o início da segunda semana. Esta diminuição pode ser justificada pela interrupção do fim-de-semana, todavia, esta diminuição de flexibilidade foi mais evidente no grupo de controlo apesar de não se encontrarem diferenças significativas entre os grupos em estudo no início da segunda semana de protocolo.

Em relação aos ganhos obtidos na primeira semana, comparativamente com os ganhos obtidos na segunda semana, não foram observadas diferenças significativas, sugerindo que em cada semana de protocolo os efeitos foram semelhantes, independentemente do treino anteriormente realizado.

Em ambos os grupos foi possível verificar diferenças significativas em relação aos ganhos obtidos. No entanto, existem diferenças significativas entre os ganhos do grupo de controlo e experimental na primeira semana, segunda semana e ganhos totais. A medida de tamanho de efeito (η^2 parcial) encontrada em ambos os grupos reforça

estas diferenças, tendo sido encontrado um tamanho de efeito moderado no grupo de controlo e elevado no grupo experimental.

Portanto, podemos verificar que o protocolo experimental, que colocou os participantes perante uma exposição à vibração corporal durante duas semanas, três vezes por semana, em 5 séries de 60 segundos, intercaladas com 60 segundos de repouso, com uma frequência de 30 Hz, foi responsável por ganhos superiores na flexibilidade dos Isquiotibiais, quando comparado com o grupo de controlo.

A exposição crónica à vibração corporal pode conduzir a alterações na coordenação intra-muscular, reduzindo a resistência em torno da anca e coluna lombar, podendo, dessa forma, potenciar os valores obtidos no *Sit & Reach test* (Cochrane e Stannard 2005; Cardinale e Lim, 2003).

Foi descrito um aumento na flexibilidade quando combinado a aplicação da vibração local e o alongamento passivo em jovens ginastas do sexo masculino, com uma idade média de dez anos, e em atletas femininas de alta competição em ginástica com uma média de idades de vinte e um anos (Sands et al., 2008). No entanto, Cronin et al. (2007) observaram que um exercício vibratório de 30 segundos, com uma frequência de 44 Hz e 47 Hz e uma amplitude de 5mm, aumentava significativamente a ADM da anca em atletas, mas não foram verificadas alterações significativas entre os parâmetros que utilizaram 10 Hz, 14 Hz, 24 Hz e 34 Hz de frequência e 3 mm de amplitude, respectivamente. Este estudo foi realizado por um período de cinco dias, utilizando todas as frequências em cada atleta, com um período de repouso por cada aplicação de 15 minutos. Contudo, os autores dos referidos estudos, não descrevem o posicionamento dos indivíduos na plataforma vibratória, dificultando a interpretação de resultados.

Tem sido documentado que o alongamento estático isolado pode ter um efeito prejudicial na força muscular (Avela et al., 1999; Church et al., 2001; Young & Behm, 2003). Controversamente, foi demonstrado que a flexibilidade e a força explosiva aumentariam quando aplicado o estímulo vibratório (Sands et al., 2006). No desporto, onde a flexibilidade e a força são igualmente importantes, o alongamento pode causar diminuição da força muscular. Todavia, o alongamento quando associado à vibração, poderá ser um método eficaz no aumento de flexibilidade. Kisner et al. (2008) testaram

esta possibilidade e descrevem que combinando o alongamento com o exercício vibratório, com uma frequência de 30 Hz e amplitude 2 mm, por um período de quatro repetições, com uma duração de 10 segundos, intercalando com cinco segundos de repouso, verificaram um aumento significativo na flexibilidade, apesar de a amostra ser constituída por jovens ginastas do sexo feminino. O aumento verificado na flexibilidade, segundo os autores do estudo são justificados pela possível redução da rigidez miotendinosa, da inibição muscular do antagonista e diminuição do limiar de excitabilidade dolorosa. Pelo contrário Cronin et al. (2008), verificaram que o alongamento passivo dos isquiotibiais com uma vibração de 34 Hz de frequência e 3 mm de amplitude não implementava um aumento da amplitude na flexão da anca, mas o alongamento isolado aumentava essa mesma amplitude de movimento numa pequena percentagem (2.1%). No entanto, estas diferenças de resultados podem ser explicadas pelas diferentes características metodológicas, como por exemplo, a duração da exposição à vibração, a amostra (homens saudáveis vs atletas ginastas femininas), o método de treino de flexibilidade (alongamento passivo vs alongamento dinâmico). Também, o instrumento vibratório utilizado difere, pois foi realizada uma vibração local com uma frequência de 34 Hz e uma amplitude de 3 mm, assim como, o alongamento que foi mantido numa posição confortável (Cronin et al., 2008), quando comparado com outro de intensidade desconfortável (Kisner et al., 2008).

Cochrane & Stannard (2005) relataram que uma vibração sinusoidal alternada de cinco minutos em 6 posições diferentes, com uma frequência de 26 Hz e amplitude 6 mm, em atletas de alta competição de hóquei, promoveu um aumento de flexibilidade no *Sit & reach* test em 8.2%, quando comparado com um aumento de 5.3% após cinco minutos de bicicleta com uma intensidade 50 W, o grupo de controlo assumiu as 6 posições na plataforma vibratória sem indução de vibração. Os autores descrevem que não existiram diferenças significativas após o protocolo no grupo de controlo e no grupo que realizou o treino de bicicleta. Um estudo similar, com uma amostra de 20 indivíduos sedentários de ambos os sexos, reportaram um aumento significativo na flexibilidade de 16.2% após 6 minutos de vibração vertical sinusoidal alternada, numa única sessão, e com uma frequência de 26 Hz, quando comparado com um aumento de 2.6% provocado por 6 minutos de bicicleta a 50 W (Jacobs & Burns, 2009). A diferença nos resultados do *Sit & reach test* podem provir do facto de um estudo ter como amostra indivíduos sedentários e o outro utilizar uma amostra de atletas de alta competição, que executam

treinos de flexibilidade com frequência. Também, Sands et al. (2008) reportaram, numa amostra de jovens ginastas, um aumento significativo na flexibilidade de 27.5% após exercício vibratório, numa Power Plate®, com uma amplitude de 30 Hz e amplitude de 2 mm, comparado com um aumento de 13.7% sem indução de vibração. As diferenças na metodologia da vibração aplicada poderão explicar as discrepâncias no aumento da flexibilidade. No presente estudo, em relação à flexibilidade, os ganhos totais verificados no grupo controlo e grupo experimental foram de 24.00% e 88.46%, respectivamente. Contudo, este estudo verificou que não existem diferenças significativas nos ganhos obtidos no grupo de controlo e grupo experimental após a primeira sessão, sugerindo que os ganhos obtidos inicialmente não se justificam pela indução de vibração, mas por outro mecanismo inerente aos protocolos de ambos os grupos.

Issurin et al. (1994) investigaram os efeitos do exercício vibratório na flexibilidade, em jovens estudantes de educação física do sexo masculino com idades compreendidas entre os 19 - 25 anos. Estes realizaram uma rotina de alongamentos de 3 séries de alongamentos estático e uma série de alongamento balístico por 30 segundos, associado a uma vibração com frequência de 44 Hz e amplitude de 3 mm, três vezes por semana, durante 3 semanas. Os resultados descrevem um aumento significativo de flexibilidade no membro em teste (8.7%) e na flexão do tronco (43.6%), quando comparado com o treino de flexibilidade convencional (2.4 %; 19.2 %) e o grupo controlo (exercícios de aquecimento por sete a dez minutos), 1.2%; 5.8%), respectivamente. Os autores sugeriram que o aumento da flexibilidade por vibração provem de vários mecanismos, entre os quais o aumento do limiar da dor, aumento do fluxo sanguíneo e aumento da temperatura muscular.

São sugeridas algumas possibilidades para promover a flexibilidade por exercício vibratório: (1) aumento da temperatura corporal, resultando no aumento do fluxo sanguíneo (Issurin et al., 1994; Mester et al., 1999; Draper et al., 2004; Sands et al., 2006), promovendo o aumento da extensabilidade muscular (Draper et al., 1994); (2) aumento no limiar de dor (Issurin et al., 1994; Sands et al., 2006); (3) activação do OTG do músculo agonista e inibição do músculo antagonista (Issurin et al., 1994; Bosco et al., 1999).

No decorrer do exercício vibratório, os músculos apresentam vasodilatação que resulta no aumento do fluxo sanguíneo e da temperatura muscular, que pode facilitar a redução da viscosidade e rigidez das fibras musculares, resultando num aumento da elasticidade (Cronin et al., 2004; Lohman et al., 2006).

Kerschman-Schindl (2001) descreveram que o aumento do fluxo sanguíneo perdura até nove minutos após o exercício vibratório, na artéria poplítea, com uma frequência de 26 Hz. Contudo, a investigação decorreu numa plataforma vibratória com oscilação sinusoidal alternada.

Hollins et al. (2003) reportaram que os receptores sensoriais que reagem aos estímulos dolorosos (nocipetores), é descrito que gradualmente a sua sensibilidade diminui, simultaneamente com o aumento da amplitude de vibração, e as vibrações com frequências entre 20 Hz e 230 Hz têm interferência com os nociceptores. Zoppi et al. (2008), reportaram que estímulos vibratórios, como aqueles utilizados no presente estudo, com uma frequência de 30 Hz, promovem um aumento do limiar de dor.

A realização do treino vibratório pode promover uma diminuição da percepção dolorosa, facilitando o aumento de amplitude de movimento (Lundeberg et al., 1984). Os mecanismos neurais vão acionar dois efeitos motores provocados pela vibração. O primeiro efeito é uma contração sustentada conhecida como RVT em que o músculo em vibração contrai de forma reflexa, resultado da estimulação do FNM. Outro efeito motor é a diminuição de excitabilidade dos neurónios motores que enervam os músculos antagonistas por inibição recíproca. O RVT é induzido pela aplicação da vibração no músculo ou tendão, principalmente, provocado pela activação dos neurónios motores Ia que activam particularmente fibras musculares do tipo II (Burke et al., 1976). O RVT termina com o relaxamento síncrono do antagonista assim que o tendão é estimulado, sendo o alongamento deste facilitado (Cardinale et al., 2003).

Os autores Ritzmann et al. (2013) retiraram as seguintes conclusões sobre o exercício vibratório: (1) durante a vibração alternada a actividade neuromuscular aumentou em relação à vibração sincronizada; (2) a actividade neuromuscular durante a vibração mostrou-se intimamente relacionada com a frequência de vibração: quanto maior a frequência, maior a actividade registada em EMG; (3) a posição do corpo, afecta a activação neuromuscular durante a exposição à vibração: a atividade EMG dos

extensores do joelho foi maior quando a articulação do joelho se encontrava em 60° de flexão; (4) a atividade EMG para os flexores plantares, foi perceptível com maior intensidade no ante-pé; (5) uma carga adicional causa um aumento na actividade EMG.

As diferentes conclusões retiradas dos estudos sobre os efeitos da vibração na flexibilidade podem ser devido às diferentes características dos diferentes protocolos de vibração corporal, como por exemplo, o tempo de treino, o tipo de protocolo, a posição do teste na plataforma, diferentes amplitudes e frequências (Gerodimos et al., 2009), mecanismos circulatórios, termoreguladores e neurais (Issurin, 2005; Fagnani et al., 2006).

Foi demonstrado que o exercício vibratório pode ser eficaz no aumento de flexibilidade. O exercício vibratório requer menos habilidades técnicas quando comparado com outras técnicas que promovem a flexibilidade. O exercício vibratório deve ser visto como um potencial método comum na prática clínica em ambiente desportivo.

Este estudo teve como limitações o facto de ter uma amostra reduzida, um protocolo de curta duração, e a utilização de poucos instrumentos de validação da variabilidade da flexibilidade.

Sugere-se a realização de estudos utilizando diferentes protocolos que promovam a flexibilidade comparados com o exercício vibratório, executar o protocolo com uma longa duração, utilizar de outros instrumentos válidos que facilitem a relação e interpretação dos dados obtidos sobre a influência do exercício vibratório na flexibilidade, como por exemplo, a electromiografia ou a termografia, e utilizar uma amostra de maior dimensão para sustentar ou refutar os resultados obtidos.

VII. CONCLUSÕES

Após apresentação, análise e discussão dos resultados podemos concluir, para a amostra em estudo, que uma sessão de exercício vibratório isolado não promove aumento de flexibilidade dos isquiotibiais, pois não existem diferenças estatisticamente significativas entre os ganhos obtidos pelo grupo experimental, comparativamente ao grupo de controlo, evidenciando que os ganhos se devem a factores comuns entre os protocolos. Contudo, durante o período de treino, no protocolo experimental verificaram-se ganhos significativos na flexibilidade dos isquiotibiais na 1^o semana e na 2^a semana, assim como nos ganhos totais, quando comparado com o grupo de controlo. Portanto, podemos concluir que o protocolo de exercício vibratório aplicado com uma frequência de 30 Hz, em cinco séries com uma duração de 60 segundos, intercaladas com 60 segundos de repouso, demonstrou ser eficaz para promover o aumento da flexibilidade muscular dos isquiotibiais, quando comparado com o grupo de controlo, pelo período de 6 sessões.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Abercromby, A. F. J.; Amonette, W. E.; Layne, C.S.; Mcfarlin, B. K.; Hinman, M. R.; Paloski, W. H. (2007). Variation in neuromuscular responses during acute whole-body vibration exercise, *Medicine Science Sports Exercise*, 39, pp. 1642-1650;

Abernethy, L.; Bleakley, C. (2007). Strategies to prevent injury in adolescent sport: a systematic review, *British Journal Sports Medicine*, 41, pp. 627–638;

Adams, J. B.; Edwards, D.; Servoette, D.; Bedient, A.; Huntsman, E.; Jacobs, K. A.; Del Rossi, G.; Roos, B. A.; Signorile, J. F. (2009). Optimal frequency, displacement, duration, and recovery patterns to maximize power output following acute whole-body vibration, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (1), pp. 237-245;

Albasini, A.; Krause, M.; Rembitzki, I. (2010). *Using Whole Body Vibration in Physical Therapy and Sport*, Edinburgh: Churchill Livingstone;

Alter, M. J. (2004). *Science of flexibility*, Human Kinetics;

Andersen, J. C (2005). Stretching Before and After Exercise: Effect on Muscle Soreness and Injury Risk, *Journal of Athletic Training*, 40 (3), pp. 218–220;

Apple, S.; Ehlert, K.; Hysinger, P.; Nash, C.; Voight, M.; Sells, P. (2010). The Effect of Whole Body Vibration on Ankle Range of Motion and the H-reflex, *North American Journal of Sports Physical Therapy* , 5 (1), pp. 33-39;

Avela, J.; Kyrolainen, H.; Komi, P. V. (1999). Altered reflex sensitivity after repeat and prolonged passive muscle stretching, *Journal of applied physiology*, 86 (4), pp. 1283-1291;

Ayala, F.; Baranda, S. P.; Croix, M.; Santonja, F.; (2012). Reproducibility and concurrent validity of hip joint angle test for estimating hamstrings flexibility in recreationally active young men, *Journal of strength and conditioning research*, 26, (9), pp. 2372-2382;

- Ayala, F.; Croix, M. D. S.; Baranda P. S. D.; Santonja, F. (2013). Acute effects of static and dynamic stretching on hamstring eccentric isokinetic strength and unilateral hamstring to quadriceps strength ratios, *Journal of Sports Sciences*, 31 (8), pp. 831-839;
- Baltaci, G.; Un, N.; Tunay, V.; Besler, A.; Gerçeker, S. (2003). Comparison of three different sit and reach tests for measurement of hamstring flexibility in female university students, *Journal of Sports Medicine*, 37, pp. 59-61;
- Bandy, W. D.; Irion, J. M. (1994). The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles, *Physical Therapy*, 74 (9), pp. 54-59;
- Baratta, R.; Solomonow, M.; Zhou, B. H.; Letson, D.; Chuinard, R; D'ambrosia, R. (1988). Muscular coactivation: The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability, *American Journal of Sports Medicine*, 16 (2), pp. 113-122;
- Barnes, M. J.; Perry, B. G.; Mundel, T.; Cochrane, D. J. (2012). The effects of vibration therapy on muscle force loss following eccentrically induced muscle damage, *European Journal of Applied Physiology*, 112, pp. 1189–1194;
- Bazett-Jones, D. M.; Finch, H. W.; Dugan, E. L. (2008). Comparing the effects of various whole-body vibration accelerations on counter-movement jump performance, *Journal of Sports Science and Medicine*, 7 (1), pp. 144-150;
- Beedle, B. B.; Mann, C. L. (2007). A comparison of two warm-ups on joint range of motion, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, pp. 776-779;
- Bosco, C.; Cardinale, M.; Colli, R.; Tihanyi, J.; Von Duvillard, S. P.; Viru, A. (1998). The influence of whole body vibration on jumping ability, *Biology of Sport*, 15, pp. 157-164;
- Bosco, C.; Colli, R.; Introini, E.; Cardinale, Iacovelli, M.; Tihanyi, J.; Von Duvillard, S. P.; Viru A. (1999). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure, *Clinical Physiology*, 19, pp. 183-187;

Bosco, C.; Iacovelli, M.; Tsarpela, O.; Cardinale, M.; Bonifazi, M.; Tihanyi, J.; Viru, M.; De Lorenzo, A.; Viru, A. (2000). Hormonal responses to whole body vibrations in man, *European Journal of Applied Physiology*, 81, pp. 449-454;

Bullock, N.; Martin, D. T.; Ross, A.; Rosemond, C. D.; Jordan, M. J.; Marino, F. E. (2008). Acute effect of whole-body vibration on sprint and jumping performance in elite skeleton athletes, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (4), pp. 1371-1374;

Burke, D. G.; Culligan, C. J.; Holt, L. E. (2000). The theoretical basis of proprioceptive neuromuscular facilitation, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14, pp. 496-500;

Burke, D. G.; Holt, L. E.; Rasmussen, R.; MacKinnon, N. C.; Vossen, J. F.; Pelham, T. W. (2001). Effects of hot or cold water immersion and modified proprioceptive neuromuscular facilitation flexibility exercise on hamstring length, *Journal Athletic Training*, 36 (1), pp. 16-19;

Burke, L. M.; Angus, D. J.; Cox, G. R.; Cummings, N. K.; Febbraio, M. A.; Gawthorn, K.; Hawley, J. A.; Minehan, M.; Martin, D. T.; Hargreaves, M. (2000). Effect of fat adaptation and carbohydrate restoration on metabolism and performance during prolonged cycling, *Journal of Applied Physiology*, 89, pp. 2413–2421;

Byrne, C.; Twist, C.; Eston, R. (2004). Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage - theoretical and applied implications, *Sports Medicine Journal*, 34, pp. 49–69;

Cabido, C. E. T.; Menzel, H. J.; Magalhães, F. A.; Pereira, B. M.; Peixoto, G. H. C.; Valadão, P. F.; Pertence, A. E. M.; Chagas, M. H. (2011). Comparison of viscoelastic stress relaxation response between flexible and inflexible individuals, *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 11 (2), pp. 689- 692;

Caldwell, G.; Jamison, J.; Lee, S. (1993). Amplitude and frequency measures of surface electromyography during dual task elbow torque production, *European Journal of Applied Physiology*, 66, pp. 349-356;

Cardinale, M.; Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention, *Exercise Sport Science Review*, 31, pp. 3-7;

Cardinale, M.; Leiper, J.; Erskine, J.; Milroy, M.; Bell, S. (2006). The acute effects of different whole body vibration amplitudes on the endocrine system of young healthy men: a preliminary study, *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 26, pp. 380–384;

Cardinale, M.; Lim, J. (2003). Electromyographic activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, pp. 621-624;

Cardinale, M.; Lim, J. (2003). The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance, *Medicine Sport*, 56, pp. 287-292;

Chandler, T. J.; Kibler, W. B.; Uhl, T. L.; Wooten, B.; Kiser, A.; Stone, E.; (1990). Flexibility comparisons of junior elite tennis layers to other athletes, *American Journal of Sports Medicine*, 18 (2), pp. 134–136;

Christensen, B. K.; Nordstrom, B. J. (2008). The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation and dynamic stretching techniques on vertical jump performance, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, pp. 1826-1831;

Christiansen, B.; Silva, M. J. (2006). The effect of varying magnitudes of whole-body vibration on several skeletal sites in mice, *Annals of Biomedical Engineering Journal*, 34 (7), pp. 1149-1156;

Church, J. B.; Wiggins, M. S.; Moode, F. M.; Crist, R. (2001). Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15 (3), pp. 332-336;

Cochrane, D. G.; Legg, S. G.; Hooker, M. G. (2004). The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, pp. 828-832;

Cochrane, D. G.; Stannard, S. R. (2005). Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players, *British Journal of Sports Medicine*, 39, pp. 860-865;

Cochrane, D. J. (2011). The potential neural mechanisms of acute indirect vibration, *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, pp. 19-30;

Cochrane, D. J. (2011). Vibration Exercise: The Potencial Benefits, *Journal Sports Medicine*, 32 (2), pp. 75-79;

Cochrane, D. J.; Sartor, F.; , Winwood, K.; Stannard, s. R.; Narici, M. V.;Rittweger, J. (2008). A Comparison of the Physiologic Effects of Acute Whole-Body Vibration Exercise in Young and Older People, *Archive Physical Medicine Rehabilitation*, 89, pp. 815-821;

Cormie, P.; Deane, R. S.; Triplett, N. T.; McBride, J. M. (2006). Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength, and power, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (2), pp. 257-261;

Cornelius, W. L.; Ebrahim, K.; Watson, J.; Hill, D. W. (1992). The effects of cold application and modified PNF stretching techniques on hip joint flexibility in college males, *Research Quarterly Exercise Sport*, 63 (3), pp. 311-314;

Correia, P. P. (2004). *Anatomofisiologia: Função neuromuscular*, FMH Edições;

Crewther, B.; Cronin, J.; Keogh, J. (2004). Gravitational forces and whole body vibration: implications for prescription of vibratory stimulation, *Physical Therapy in Sport*, 5 (1), pp. 37-43;

Cronin, J.; Nash, M.; Whatman, C. (2007). The effect of four different vibratory stimuli on dynamic range of motion of the hamstrings, *Physical Therapy in Sport*, 8, pp. 30–36;

Cronin, J.; Nash, M.; Whatman, C. (2008). The acute effects of hamstring stretching and vibration on dynamic knee joint range of motion and jump performance, *Physical Therapy in Sport*, 9, pp. 89–96;

Cronin, J.; Oliver, M.; McNair, P. J. (2004). Muscle stiffness and injury effects of whole body vibration, *Physical Therapy in Sport*, 5 (2), pp. 68-74;

Da Silva, M. E.; Fernandez, J. M.; Csatislo, E.; Nunez, V. M.; Vaamonde, D. M.; Poblador, M. S.; Lancho, J. L. (2007). Influence of vibration training on energy expenditure in active men, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21 (2), pp. 470-475;

Da Silva, M. E.; Nunez, V. M.; Vaamonde, D.; Fernandez, J. M.; Poblador, M. S.; Garcia-Manso, J. M.; Lancho, J. L. (2006). Effects of different frequencies of whole-body vibration on muscular performance, *Biology of Sport*, 23 (3), pp. 267-282;

Dadebo, B.; White, J.; George, K. P. (2004). A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England, *British Journal of Sports Medicine*, 38 (4), pp. 388-394;

Dastmenash, S.; Van den Tillaar, R.; Jacobs, P.; Shafiee, G. H.; Shojaedin, S. S. (2010). The Effect of Whole Body Vibration, Pnf Training or a Combination of Both on Hamstrings Range of Motion, *World Applied Sciences Journal*, 11 (6), pp. 744-751;

Davis, D. S.; Ashby, P. E.; McHale, K. L.; McQuain, J. A.; Wine, J. M. (2005). The effectiveness of stretching techniques on hamstring flexibility using consistent stretching parameters, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, pp. 27-32;

De Deyne, P. G. (2001). Application of passive stretch and its implications for muscle fibers, *Physical Therapy*, 81, pp. 819-827;

De Ruiter, C. J.; Van Der Linden, R. M.; Van Der Zijden, M. J.; Hollander, A. P.; De Haan, A. (2003). Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise, *European Journal of Applied Physiology*, 88, pp. 472-475;

De Ruiter, C.J.; Van Rask, S. M.; Schilperoort, J. V.; Hollander, A. P.; De Haan, A. (2003). The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors, *European Journal of Applied Physiology*, 90, pp. 595-600;

Decoster, L. A.; Canion, R. L.; Horn, K. D.; Cleland, J. (2004). Standing and supine hamstring stretching are equally effective, *Journal of Athletic Training*, 39, pp. 330–334;

Delecluse, C.; Roelants, M.; Diels, R.; Koninckx, E.; Verschueren, S. (2005). Effects of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes, *International Journal of Sports Medicine*, 26 (8), pp. 638-644;

Delecluse, C.; Roelants, M.; Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole body vibration compared with resistance training, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35 (6), pp. 1033-1041;

DePino, G. M.; Webright, W. G.; Arnold, B. L. (2000). Duration of maintained hamstring flexibility after cessation of an acute static stretching protocol, *Journal of Athletic Training*, 35, pp. 56-59;

Di Giminiani, R.; Masedu, F.; Tihanyi, J.; Scrimaglio, R.; Valenti, M. (2013). The interaction between body position and vibration frequency on acute response to whole body vibration, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23, pp. 245–251;

Di Giminiani, R.; Tihanyi, J.; Safar, S.; Scrimaglio, R. (2009). The effects of vibration on explosive and reactive strength when applying individualized vibration frequencies, *Journal of Sports Sciences*, 27 (2), pp. 169-177;

Di Loreto, C.; Ranchelli, A.; Lucidi, P.; Murdolo, G.; Parlanti, N.; De Cicco, A.; Tsarpela, O.; Annino, G.; Bosco, C.; Santeusano, F.; Bolli, G. B.; De Feo, P. (2004). Effects of whole-body vibration exercise on the endocrine system of healthy men, *Journal of Endocrinological Investigation*, 27, pp. 323–327;

Draper, D. J.; Castro, J.; Feland, B.; Schulthies, S.; Eggett, D. (2004). Shortwave diathermy and prolonged stretching increase hamstring flexibility more than prolonged stretching alone, *The journal Orhopaedic and Sports Physical Therapy*, 34 (1), pp. 13;

Edge, J.; Mundel, T.; Weir, K.; Cochrane, D. J. (2009). The effects of acute whole body vibration as a recovery modality following high-intensity interval training in well-trained, middle-aged runners, *European Journal Applied Physiology*, 105, pp. 421–428;

Eklund, G.; Hagbarth, K. E. (1966). Normal variability of tonic vibration reflexes in man, *Experimental Neurology*, 16, pp. 80-92;

Elmantaser, M.; McMillan, M.; Smith, K.; Khanna, S.; Chantler, D.; Panarelli, M.; Ahmed, S. F. (2012). A comparison of the effect of two types of vibration exercise on the endocrine and musculoskeletal system, *Journal Musculoskeletal Neuronal Interact*, 12 (3), pp. 144-154;

Ezenwa, B.; Yeoh, H. T. (2011). Multiple vibration displacements at multiple vibration frequencies stress impact on human femur computational analysis, *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 48 (2), pp. 179-190;

Fagnani, F.; Giombini, A.; Di Cesare, A.; Pigozzi, F.; Di Salvo, V. (2006). The effects of a whole-body vibration program on muscle performance and flexibility in female athletes, *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85, pp. 956-962;

Fitts, R. H.; Riley, D. R.; Widrick, J. J. (2001). Functional and structural adaptations of skeletal muscle to microgravity, *The Journal of Experimental Biology*, 204, pp. 3201-3208;

Fletcher, I. M. (2010). The effect of different dynamic stretch velocities on jump performance, *European Journal of Applied Physiology*, 109, pp. 491-498;

Fletcher, I. M.; Anness, R. (2007). The acute effects of combined static and dynamic stretch protocols on fifty-meter sprint performance in track-and-field athletes, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, pp. 784-787;

Forman, J.; Geertsen, L.; Rogers, M. E. (2013). Effect of deep stripping massage alone or with eccentric resistance on hamstring length and strength, *Journal of Bodywork e Movement Therapies*, pp. 1-6;

Gajdosik, R. L. (1991). Effects of static stretching on the maximal length and resistance to passive stretch of short hamstring muscles, *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 14 (6), pp. 250-255;

Gerodimos, V.; Zafeiridis, A.; Karatrantou, K.; Vasilopoulou, T.; Chanoua, K.; Pispirikou, E. (2010). The acute effects of different whole-body vibration amplitudes and frequencies on flexibility and vertical jumping performance, *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, pp. 438–443;

Gojanovic, B.; Henchoz, Y (2012). Whole-body vibration training: Metabolic cost of synchronous, side-alternating or no vibrations, *Journal of Sports Sciences*, 30 (13), pp. 1397–1403;

Gómez-Cabello, A.; González-Agüero, A.; Morales, S.; Araa, I.; Casajúsa, J. A.; Vicente-Rodríguez, G. (2013). Effects of a short-term whole body vibration intervention on bone mass and structure in elderly people, *Journal of Science and Medicine in Sport*, pp. 1-5;

Griffin, M. J. (1994). *Handbook of human vibration*. London: Academic Press Ltd.;

Grigg, P. (1994). Peripheral neural mechanism in proprioception, *Journal of Sport Rehabilitation*, 3, pp. 2-17;

Halbertsma, J. P. K.; Mulder, I.; Goeken, L. N. H.; Eisma, W. H. (1999). Repeated passive stretching: Acute effect on the passive muscle moment and extensibility of short hamstrings, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80, pp. 407-414;

Halbertsma, J. P. K.; Van Bolhuis, A. I.; Goeken, L. N. H. (1996). Sport stretching: effect on passive muscle stiffness of short hamstrings, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77, pp. 688-692;

Hardy, M.; Woodall, W. (1998). Therapeutic Effects of Heat, Cold, and Stretch on Connective Tissue, *Journal of Hand Therapy*, 11, pp. 148-156;

Hazell, T. J.; Thomas, G. W. R.; DeGuire, J. R.; Lemon, P. W. R. (2008). Vertical whole body vibration does not increase cardiovascular stress to static semi-squat exercise, *European Journal of Applied Physiology*, 104 (5), pp. 903-908;

Hollins, M.; Roy, E. A.; Crane, S. A. (2003). Vibratory antinociception: effects of vibration amplitude and frequency, *The journal of pain: official Journal The American Pain Society*, 4, pp. 381-391;

Hopkins, J. T.; Fredericks, D.; Guyon, P. W.; Parker, S.; Gage, M.; Feland, J. B.; Hunter, I. (2009). Whole body vibration does not potentiate the stretch reflex, *International Journal of Sports Medicine*, 30 (2), pp. 124-129;

Hough, P. A.; Ross, E. Z.; Howatson, G. (2009). Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, pp. 507-512;

Hui, S.S.; Yuen, P.Y. (2000). Validity of the modified back-saver sit-and-reach test: a comparison with other protocols, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, pp. 1655-1659;

Issurin, V. B. (2005). Vibration and their applications in sport. A review, *Journal of sports Medicine and Physical Fitness*, 45 (3), pp. 324-336;

Issurin, V. B.; Liebermann, D. G.; Tenenbaum, G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility, *Journal of Sports Science*, 12 (6), pp. 561-566;

Issurin, V. B.; Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes, *Journal of Sports Science*, 17 (3), pp. 177-182;

Jackson, S. W.; Turner, D. L. (2003). Prolonged muscle vibration reduces maximal voluntary knee extension performance in both the ipsilateral and the contralateral limb in man, *European Journal of Applied Physiology*, 88, pp. 380-386;

Jacobs, P. L.; Burns, P. (2009). Acute enhancement of lower extremity dynamic strength and flexibility with whole-body vibration, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, pp. 51-57;

Jones, C. J.; Rikli, R. E.; Max, J.; Guillermo, N. (1998). The reliability and validity of a chair sit-and-reach test as a measure of hamstring flexibility in older adults, *Research quarterly for exercise and sport*, 69, pp. 338–43;

Jordan, M. J.; Norris, S. R.; Smith, D. J.; Herzog, W. (2005). Vibration training: An overview of the area, training consequences, and future considerations, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), pp. 459-466;

Junqueira, L. C.; Carneiro, J. (2004). *Histologia Básica*, 10, Editora Guanabara Koogan S. A.;

Kandel, E. R.; Schwartz, J. H.; Jesse, T. M. (2000). *Principles of neural science*, 4 Ed. New York, USA: McGraw-Hill;

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, *Keio Journal of Medicine*, 1, pp. 28–33;

Kerschman-Schindl, K.; Grampp, S.; Henk, C.; Resch, H.; Preisinger, E.; Fialka-Moser, V.; Himhof, H. (2001). Whole body vibration exercise leads to alterations in blood muscle volume, *Clinical Physiology*, 21 (3), pp. 377-382;

Kinsler, A. M.; Ramsey, M. W.; O`Bryant, H. S.; Ayres, C. A.; Sands, W. A.; Stone, M. H. (2008). Vibration and stretching effects on flexibility and explosive strength in young gymnasts, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40, pp. 133-140;

Kisner, C.; Colby, L. A. (2005). *Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques*, 3, Editora Manole Ltda;

Knight, C. A.; Rutledge, C. R.; Cox, M. E.; Acosta, M.; Hall, S. J. (2001). Effect of superficial heat, deep heat, and active exercise warm-up on the extensibility of the plantar flexors. *Physical Therapy*, 81, pp. 1206–1214;

Korhonen, R. K.; Saarakkala, S. (2011). *Biomechanics and Modeling of Skeletal Soft Tissues*, Theoretical Biomechanics, Dr, Vaclav Klika Edition;

- Kubo, K.; Kanehisa, H.; Kawakami, Y.; Fukunaga, T. (2001) Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo, *Journal of Applied Physiology*, 90, pp. 520–527;
- Larsen, R.; Lund, H.; Christensen, R.; Røgind, H.; Danneskiold-Samsøe, B.; Bliddal, H. (2005). Effect of static stretching of quadriceps and hamstring muscles on knee joint position sense, *Journal of Sports Medicine*, 39, pp.43–46;
- Levy, M. N.; Koeppen, B. M.; Stanton, B. A. (2009). *Berne and Levy Fundamentos de Fisiologia*, 6, Elsevier Health Sciences;
- Lohman, E. B.; Petrofsky, J. S.; Maloney-Hinds, C.; Betts-Schwab, H.; Thorpe, D. (2007). The effect of whole body vibration on lower extremity skin blood flow in normal subjects, *Journal Medicine Science Monit*, 13 (2), pp. 71-76;
- López-Miñarro, P. A.; Andújar P. S. B.; Rodríguez-García, P. L. A. (2009). A comparison of the sit-and-reach test and the back saver sit-and-reach test in university students, *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, pp. 116 – 122;
- Lorenzen, C.; Maschette, W.; Koh, M.; Wilson, C. (2009). Inconsistent use of terminology in whole body vibration exercise research, *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, pp. 676-678;
- Lovell, R.; Midgley, A.; Barrett, S.; Carter, D.; Small, K. (2013). Effects of different half-time strategies on second half soccer-specific speed, power, and dynamic strength, *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23, pp. 105-113;
- Lundeberg, T.; Nordemar, R.; Ottoson, D. (1984). Pain alleviation by vibratory stimulation, *Pain*, 20, pp. 25 – 44;
- Luo, J., McNamara, B., Moran, K. (2005) The use of vibration training to enhance muscle strength and power, *Sports Medicine*, 35, pp. 23-41;
- Lythgo, N.; Eser, P.; De Groot, P.; Galea, M. (2009). Whole-body vibration dosage alters leg blood flow, *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 29, pp. 53-59;

Magnusson, S. P.; Narici, M. V.; Maganaris, C. N.; Kjaer, M. (2008). Human tendon behaviour and adaptation, in vivo, *Journal of Physiology*, 586 (1), pp. 71-81;

Magnusson, S. P.; Simonsen, E. B.; Aagaard, P.; Sorensen, H.; Kjaer, M. (1996). A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. *Journal of Physiology*, 497 (1), pp. 291-298;

Malliaropoulos, N.; Papalexandris, S.; Papalada, A.; Papacostas, E. (2004). The Role of Stretching in Rehabilitation of Hamstring Injuries: 80 Athletes Follow-Up, *Medicine e Science in Sports e Exercise*, 4, pp. 756-759;

Martin, B. J.; Park, H. S. (1997). Analysis of the tonic vibration reflex: Influence of vibration variables on motor unit synchronization and fatigue, *European Journal of Applied Physiology*, 75, pp. 504-511;

Martin, B. J.; Park, H.S. (1997). Analysis of the tonic vibration reflex: Influence of vibration variables on motor unit synchronization and fatigue, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75, pp. 504-511;

McBride, J. M.; Nuzzo, J.L.; Dayne, A.M.; Israetel, M.A.; Nieman, D.C.; Triplett, N.T (2010). Effect of an acute bout of whole body vibration exercise on muscle force output and motor neuron excitability, *Journal of Strength Condition Research*, 24, pp. 184–189;

McNeal, J. R.; Edgerly, S.; Sandsw. A.; Kawaguchi, J. (2011). Acute effects of vibration-assisted stretching are more evident in the non-dominant limb, *European Journal of Sport Science*, 11, pp. 45-50;

Melnyk, M.; Kofler, B. Faist, M.; Hodapp, M.; Gollhofer, A. (2008). Effect of a whole body vibration sessions on knee stability, *International Journal of Sports Medicine*, 29, pp. 839-844;

Mester, J.; Kleinoder, H.; Yue, Z. (2006). Vibration training: benefits and risks, *Journal of Biomechanics*, 39 (6), pp. 1056-1065;

Mester, J.; Spitzenfeil, P.; Schwarzer, J.; Seifriz, F. (1999). Biological reaction to vibration – implications for sport, *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2 (3), pp. 211-226;

Minaki, Y.; Yamashita, T.; Takebayashi, T.; Ishii, S. (1999). Mechanosensitive afferent units in the shoulder and adjacent tissues, *Clinical Orthopedics and Related Research*, 369, pp. 349-356;

Naito, E.; Kinomura, S.; Geyer, S.; Kawashima, R.; Roland, P. E.; Zilles, K. (2000). Fast reaction to different sensory modalities activates common fields in the motor areas, but the anterior cingulate cortex is involved in the speed of reaction, *Journal of Neurophysiology*, 83, pp. 1701–1709;

Nelson, A. G.; Kokkonen, J. (2007). *Stretching anatomy*, Human Kinetics;

Nelson, R. T.; Bandy, W. D. (2004). Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males, *Journal of Athletic Training*, 39, pp. 254–258;

Nordlund, M. M.; Thorstensson, A. (2007). Strength training effects of whole-body vibration?, *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 17, pp. 12-17;

Noyes, F. R.; Grood, E. S.; Butler, D. L.; Malek, M. (1980). Clinical laxity tests and functional stability of the knee: biomechanical concepts, *Clinical Orthopedics and Related Research*, 146, pp. 84-89;

Osawa, Y.; Oguma, Y. (2013). Effects of resistance training with whole body vibration on muscle fitness in untrained adults, *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23, pp. 84-95;

O'Sullivan, K.; Murray, E.; Sainsbury, D. (2009). The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects, *Journal of Musculoskeletal Disorders*, 10 (37), pp. 1-9;

Palmieri, R. M.; Ingersoll, C. D.; Hoffman, M. A. (2004). The Hoffman reflex: methodologic considerations and applications for use in sports medicine and athletic training research, *Journal of Athletic Training*, 39 (3), pp. 268-277;

Paradisis, G.; Zacharogiannis, E. (2007). Effects of whole-body vibration training on sprint running kinematics and explosive strength performance, *Journal of Sports Science Medicine*, 6, pp. 44-49;

Pel, J. J. M.; Bagheri, J.; van Dam, L. M.; van den Berg-Emons, H. J. G.; Horemans, H. L. D.; Stam, H. J.; van der Steen, J. (2009). Platform accelerations of three different whole body vibration devices and the transmission of vertical vibrations to the lower limbs, *Medical Engineering and Physics*, 31 (8), pp. 937-944;

Perlau, R.; Frank, C.; Fick, G. (1995). The effect of elastic bandages on human knee proprioception in the uninjured population, *American Journal of Sports Medicine*, 23 (2), pp. 251-255;

Prisby, R. A.; Lafage-Proust, M. H.; Malaval, L.; Belli, A.; Vico, L. (2008). Effects of whole body vibration on the skeleton and other organ systems in man and animal models: What we know and what we need to know, *Ageing Research Reviews*, 7, pp. 319–329;

Rauch, F.; Sievanen, H.; Boonen, S.; Cardinale, M.; Degens, H.; Felsenberg, D.; Roth, J.; Schoenau, E.; Verschueren, S.; Rittweger, J. (2010). Reporting whole-body vibration intervention studies: Recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions, *Journal of musculoskeletal e neuronal interactions*, 10 (3), pp. 193-198;

Rehn, B.; Lidstrom, J.; Skoglund, J.; Lindstrom, B. (2006). Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review, *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 17 (1), pp. 2-11;

Rittweger, J. (2010). Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be, *European Journal of Applied Physiology*, 108, pp. 877-904;

Rittweger, J. (2010). Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be, *European Journal of Applied Physiology*, 108, pp.:877-904;

Rittweger, J.; Beller, G.; Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man, *Clinical Physiology*, 20 (2), pp. 134-142;

Rittweger, J.; Mutschelknauss, M.; Felsenberg, D. (2003). Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise, *Clinical physiology and functional imaging*, 23, pp. 81-86;

Ritzmann, R.; Gollhofer, A.; Kramer, A. (2013). The influence of vibration type, frequency, body position and additional load on the neuromuscular activity during whole body vibration, *European Journal Applied Physiology*, 113, pp. 1–11;

Ritzmann, R.; Kramer, A.; Gollhofer, A.; Taube, W. (2011). The effect of whole body vibration on the H-reflex, the stretch reflex, and the short-latency response during hopping, *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 1, pp. 1-9;

Roelants, M.; Delecluse, C.; Goris, M.; Verschueren, S. (2004). Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females, *International Journal of Sports Medicine*, 25 (1), pp. 1-5;

Roelants, M.; Delecluse, C.; Goris, M.; Verschueren, S. (2004). Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females, *International Journal of Sports Medicine*, 25, pp. 1-5;

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, pp. 901-908;

Roelants, M.; Verschueren, S. M. P.; Delecluse, C.; Levin, O.; Stijnen, V. (2006). Whole-body-vibration induced increase in leg muscle activity during different squat exercises, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, pp. 124–129;

Roll, K. H. (2013). Measuring performance, development and growth when restricting flexibility, *Journal of Productivity Analysis*, 39, pp. 15-25;

Rothmuller, C.; Cafarelli, E. (1995). Effect of vibration on antagonist muscle coactivation during progressive fatigue in humans, *Journal of Physiology*, 485, pp. 857-864;

Rowlands, A. V.; Marginson, V. F.; Lee, J. (2003). Chronic flexibility gains: Effect of isometric contraction duration during proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74 (1), pp. 47-51;

Rubin, C.; Pope, M.; Fritton, J. C.; Magnusson, M.; Hansson, T.; McLeod, K. (2003). Transmissibility of 15-Hertz to 35-Hertz vibrations to the human hip and lumbar spine: determining the physiologic feasibility of delivering low-level anabolic mechanical stimuli to skeletal regions at greatest risk of fracture because of osteoporosis, *Spine*, 28 (23), pp. 2621–2627;

Sands, W. A.; McNeal, J. R.; Stone, m. H.; Kimmel, W. L. Haff, G. G.; Jemni, M. (2008). The effect of vibration on active and passive range of motion in elite female synchronized swimmers, *European Journal of Sport Science*, 8, pp. 217-223;

Sands, W. A.; McNeal, J. R.; Stone, M. H.; Russell, E. M.; Jemni, M. (2006). Flexibility enhancement with vibration: Acute and long-term, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, pp. 720-725;

Seeley, R. R.; Stephens, T. D.; Tate, P. (2003). *Anatomia e Fisiologia*, 6, Lusociência;

Seixas, A.; Silva, A.; Gabriel, J.; Vardasca, R. (2012). The effect of whole body vibration in the skin temperature of lower extremities in healthy subjects, *Book of Proceedings – Appendix I of Thermology international*, 22 (3), pp. 59-66;

Shrier, I.; Gossal, K. (2000). Myths and truths of stretching: Individualised recommendations for healthy muscles, *The Physician Sports Medicine*, 28 (8), pp. 1–7

Shrier. I. (2004). Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature, *Clinical Journal of Sports Medicine*, 14, pp. 267-273;

Sonza, A.; Maurera, C.; Achavalb, M.; Zarob, M. A.; Nigga, B. M. (2013). Human cutaneous sensors on the sole of the foot: Altered sensitivity and recovery time after whole body vibration, *Neuroscience Letters*, 533, pp. 81– 85;

South, T. (2004). *Managing Noise and Vibration at Work; a practical guide to assessment, measurement and control*. Butterworth-Heinemann;

Spernoga, S. G.; Uhl, T. L.; Arnold, B. L.; Gansneder, B. M. (2001). Duration of maintained hamstring flexibility after one-time, modified hold-relax stretching protocol, *Journal of Athletic Training*, 36, pp. 44-48;

Stewart, J. A.; Cochrane, D. J.; Morton, R. H. (2009). Differential effects of whole body vibration durations on knee extensor strength, *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12 (1), pp. 50-23;

Threlkeld, A. J. (1992). The effects of manual therapy on connective tissue, *Physical Therapy Journal*, 72 (12), pp. 893-901;

Torvinen, S.; Kannus, P.; Sievanen, H.; Jarvinen, T. A. H.; Pasanen, M.; Kontulainen, S.; Nenonen, A.; Jarvinen, T. L. N.; Paakkala, T., Jarvinen, M.; Vuori, I. (2003). Effect of 8-months vertical whole body vibration on bone, muscle performance and body balance: a randomized controlled study, *American Society for Bone and Mineral Research*, 18, pp. 876-884;

Torvinen, S.; Kannus, P.; Sievannen, H.; Jarvinen, T. A. H.; Pasanen, M.; Kontulainen, S.; Jarvinen, T. L. N.; Jarvinen, M.; Oja, P.; Vuori, I. (2002). Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance – Randomised cross-over study, *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 22, pp. 145-152;

Van den Tillaar, R. (2006). Will whole-body vibration training help increase the range of motion of the hamstrings?, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, pp. 192-196;

Van Hatten, B. (2005). Passive versus active stretching. *Physical Therapy*, 85 (1), pp. 80;

Voight, M. I.; Cook, G. (2001). Impaired neuromuscular control: reactive neuromuscular training. In W. E. Prentice e M. I. Voight (Eds.), *Techniques in musculoskeletal rehabilitation*, New York: McGraw-Hill;

Warman, G.; Humphries, B.; Purton, J. (2002). The effects of timing and application of vibration on muscular contractions, *Aviation Space and Environmental Medicine*, 73 (2), pp. 119-127;

Williams, G. N.; Chmielewski, T.; Rudolph, K. S.; Buchanan, T. S.; Snyder-Mackler, L. (2001). Dynamic knee stability: current theory and implications for clinicians and scientists, *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 31 (10), pp. 546-566;

Winters, M. V.; Blake, C. G.; Trost, J. S.; Marcello- Brinker, T. B.; Lowe, L. M.; Garber, M. B.; Wainner, R. S. (2004). Passive versus active stretching of hip flexor muscles in subjects with limited hip extension: a randomized clinical trial, *Physical Therapy*, 84 (9), pp. 800–807;

Woods, K.; Bishop, P.; Jones, E. (2007). Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury, *Sports Medicine*, 37 (12), pp. 1089-1099;

Ylinen, J. (2008). *Stretching Therapy for Sport and Manual Therapies*, Churchill Livingstone;

Young, W. B.; Behm, D. G. (2003). Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance, *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43 (1), pp. 21-27.

Zepetnek, J. O. T.; Giangregorio, L. M.; Craven, C. (2009). Whole-body vibration as potential intervention for people with low bone mineral density and osteoporosis: A review, *Journal of Rehabilitation Research e Development*, 46 (4), pp. 529–542;

Zoppi, M.; Voegelin, M.; Signorini, M; Zamponi, A. (2008). Pain threshold changes by skin vibratory stimulation in healthy subjects, *Acta Physiologica Scandinavica*, 143 (4), pp. 439-444.

IX. ANEXOS

Anexo A – Consentimento informado

Eu, abaixo assinado, _____, compreendi a explicação que me foi fornecida acerca do estudo; “Eficácia da vibração corporal na flexibilidade dos Isquiotibiais” em que irei participar, tendo-me sido dada a oportunidade de fazer as perguntas que julguei necessárias e, de todas, obtive resposta satisfatória.

Tomei também conhecimento de que, de acordo com as recomendações da declaração de Helsínquia, a informação ou explicação que me foi prestada versou os objetivos, os métodos, os benefícios previstos e o eventual desconforto. Além disso, foi-me afirmado que tenho o direito de recusar a todo o tempo a minha participação no estudo. Os registos dos resultados poderão ser consultados pelos responsáveis científicos e ser objecto de publicação, mas os elementos da identidade pessoal serão sempre tratados de modo estritamente confidencial.

Por isso, consinto participar respondendo a todas as questões propostas pelo investigador.

Assinatura do participante

Assinatura do investigador

Porto, _____

Anexo B – Registo de dados pessoais dos participantes

Este inquérito é proposto aos indivíduos passíveis de integrar no estudo respeitando alguns critérios.

Nome: _____

Idade: _____

Peso (Kg): _____

Altura (m): _____

Grupo: _____

| Inquérito para a selecção da amostra | Sim | Não |
|---|-----|-----|
| História de doenças neurológicas, cardíovasculares, termoregulatórias, metabólicas, endócrinas, dermatológicas, reumatológicas e músculo-esqueléticas (membros inferiores e coluna vertebral) | | |
| Alterações de sensibilidade | | |
| Hipermobilidade articular, hiperelasticidade ou laxidez ligamentar | | |
| Uso de medicação analgésica ou relaxante muscular | | |
| Presença de treino de força/resistência nos últimos 3 meses | | |
| Experiência de treino de flexibilidade por vibração corporal | | |

| Tabela de resultados do <i>Sit and Reach</i> test | | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Teste/Sessão | 1ª Sessão | 2ª Sessão | 3ª Sessão | 4ª Sessão | 5ª Sessão | 6ª Sessão |
| <i>Sit and Reach</i> test inicial | | | | | | |
| <i>Sit and Reach</i> test final | | | | | | |

Assinatura do participante

Assinatura do investigador

Porto, _____