



UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA

FCS/ESS

LICENCIATURA EM FISIOTERAPIA

PROJETO E ESTÁGIO PROFISSIONALIZANTE II

**OS EFEITOS DA VIBRAÇÃO NO PERFIL TÉRMICO DO
MEMBRO INFERIOR**

Carlos Afonso
Estudante de Fisioterapia
Escola Superior De Saúde - UFP
23810@ufp.edu.pt

Orientador
Adérito Seixas
Mestre Assistente
aderito@ufp.edu.pt

Coorientador
Sandra Rodrigues
Mestre Assistente
sandrar@ufp.edu.pt

Porto, julho de 2014

Resumo

Objetivo: analisar as respostas térmicas dos músculos da coxa e perna expostos a diferentes frequências vibratórias, de forma a verificar a hipótese de diferentes frequências vibratórias determinarem diferentes respostas térmicas, quando comparado com um grupo de controlo.

Metodologia: oito participantes do sexo masculino com média de idades de $24,13 \pm 1,5$ anos foram expostos à vibração através de uma plataforma vibratória síncrona com aplicação aleatória de duas frequências de vibração (25Hz e 50Hz) e um procedimento de controlo, sem recurso à vibração. Foram realizadas 5 repetições de 1 minuto, com intervalos de 1 minuto entre cada exposições tendo sido a amplitude usada foi de 5-6 mm

Resultados: a maior diferença de temperaturas entre “antes” e os momentos seguintes verifica-se na área CDa (coxa dominante face anterior) para a frequência de 50 Hz, com uma diferença de $0,65^{\circ}\text{C}$. Nas regiões posteriores ocorre um decréscimo geral, verificando se a maior descida de $1,14^{\circ}\text{C}$ na CDp (coxa dominante face posterior) para a frequência de 50Hz. **Conclusão:** a exposição às diferentes condições experimentais tem influência na alteração da temperatura da pele dos membros inferiores.

Palavras-chave: exercício vibratório, termografia, alterações térmicas.

Abstract

Objective: to analyze the thermal responses of the thigh and leg muscles exposed to different vibrational frequencies, in order to verify whether different vibrational frequencies induces different thermal responses when compared to a control. **Methods** eight male participants with a mean age of 24.13 ± 1.5 were exposed to vibration through a synchronous vibrational platform, with random application of two vibration frequencies (25Hz and 50Hz) and a control procedure, without resource to vibration. 5 repetitions of 1 minute each, with constant intervals of 1 minute were performed. The vibration amplitude ranged between 5-6 mm. **Results:** the greatest temperature differences between “before” and the following moments were on the CDa area (anterior aspect of the dominant thigh) for the 50Hz frequency, with a difference of $0,65^{\circ}\text{C}$. On the posterior aspect of the leg and thigh generally a decrease occurs, with the greatest registered decrease of $1,14^{\circ}\text{C}$ on the CDp (posterior aspect of the dominant thigh) for the 50Hz frequency. **Conclusion:** exposure to the different experimental conditions has influenced the skin temperature of the lower limbs. **Keywords:** whole body vibration, thermography, thermal changes.

Introdução

O exercício vibratório é uma nova abordagem na ciência desportiva que tem aumentado a sua popularidade no âmbito desportivo e de reabilitação (Cardinale e Wakeling, 2005, Rauch, 2009).

A vibração é um estímulo mecânico caracterizado por um movimento oscilatório (Cardinale e Wakeling, 2005). As variáveis biomecânicas que determinam a sua intensidade são a frequência, determinada pelo número de ciclos de oscilação por segundo, medida em Hertz (Hz), e a amplitude de vibração que pode ser definida como o deslocamento pico a pico, medido em milímetros (mm) (Cardinale e Wakeling, 2005, Rittweger, 2010). Ainda segundo Cardinale e Wakeling (2005), as plataformas vibratórias dispõem de vibrações com frequências entre 15-60 Hz e deslocamento de <1mm até 10mm. Relativamente ao mecanismo de oscilação, existem dois tipos de plataformas vibratórias, as plataformas com vibração alternada e as plataformas com vibração vertical síncrona. Nas plataformas com vibração vertical alternada são usados deslocamentos verticais no lado esquerdo e direito tendo como ponto fixo um fulcro central, em que a amplitude de vibração varia de acordo com a distância entre os pés e o eixo, e um sistema em que a plataforma vibratória oscila uniformemente para cima e para baixo em deslocamentos verticais síncronos.

O exercício vibratório consiste na realização de exercício numa plataforma oscilatória, a qual transmite estímulos mecânicos (vibração) à zona anatómica em contacto com a plataforma, que se propagam por todo o corpo. À medida que a vibração atravessa o corpo vai sendo atenuada por variadas estruturas como ossos, cartilagens, fluidos sinoviais, tecidos moles, cinemática das articulações e músculos (Cardinale e Wakeling, 2005, Tomás, 2011). Este mecanismo de vibração atua sobre as fibras Ia estimulando os recetores sensoriais como os fusos musculares levando a uma contração similar à produzida pelos recetores sensitivos do reflexo tónico de vibração aquando da ativação do motoneurónio alfa (Burke e Schiller, 1976, Rothmuller e Cafarelli, 1995, Delecluse, Roelants e Verschuere, 2003, Da Silva et al., 2006). Adicionalmente a passagem da vibração pelo músculo leva a um aumento da temperatura e à melhoria da circulação sanguínea, não ocorrendo aumento do ritmo cardíaco, sendo apenas proporcionada pela redução da resistência vascular periférica e do aumento da vasodilatação (Kersch-Schindl et al., 2001). A combinação destes efeitos pode, desta forma, contribuir para uma contração muscular mais vigorosa (Cardinale e Wakeling, 2005, Nordlund e Thorstensson, 2007, Rehn, Lidström, Skoglund e Lindström, 2007, Marín e Rhea, 2010, Rittweger, 2010).

De forma a amortecer a vibração imposta ao sistema músculo-esquelético há um aumento da ativação muscular, sendo esta atividade extra resultante do aumento da taxa de captação de oxigénio durante a exposição às vibrações (Rittweger, Beller e Felsenberg, 2000).

O corpo humano é homeotérmico, mantendo a temperatura através de um sistema de termorregulação, sendo a temperatura um bom indicador de condições de saúde (Jiang et al., 2005). O controlo do fluxo sanguíneo da pele, que ocorre durante o processo de termorregulação, é vital para a manutenção da temperatura do corpo durante distúrbios da homeostase térmica. Este controlo é feito pelo sistema nervoso simpático, que inclui o sistema vasoconstritor noradrenérgico e o sistema simpático vasodilatador ativo, responsável por 80% a 90% da vasodilatação cutânea (Charkoudian, 2003).

O controlo central da termorregulação é feito no hipotálamo pré-ótico anterior no cérebro. Informações sobre a temperatura interna e da superfície são retransmitidas ao mesmo, coordenando uma resposta eferente apropriada (Boulant, 2000). O conceito desta área do cérebro pode ser relacionado com um termostato, que inicia respostas de dissipação do calor quando a temperatura corporal é percebida como "muito quente" (hipertermia) e de conservação de calor quando a temperatura é sentida como "muito fria" (hipotermia) (Charkoudian, 2003).

A vasodilatação e o aumento do fluxo sanguíneo da pele (em conjunto com a transpiração) são essenciais para a dissipação de calor durante o exercício e em espaços demasiado quentes (Charkoudian, 2003).

Durante o exercício ou exposição ao calor, o aumento da temperatura do corpo desencadeia vasodilatação cutânea e sudorese. A vasodilatação cutânea aumenta o fluxo de sangue para a pele, aumentando assim a transferência de calor a partir do centro para a periferia por convecção. Estes aumentos exigem um aumento do débito cardíaco e redistribuição do fluxo sanguíneo, sendo esses ajustes suficientes para atender ao aumento da demanda de fluxo sanguíneo por parte da pele, de modo a que o suprimento de oxigénio para órgãos como o coração e cérebro não esteja comprometido (Rowell, 2011).

O corpo humano ao dissipar o calor emite radiação infravermelha que pode ser captada por equipamento apropriado, como câmaras de infravermelhos, que geram imagens com base na quantidade de radiação emitida pelos corpos (Maldague et al., 2001cit. in , Hildebrandt, Raschner e Ammer, 2010).

O estudo da termografia está imensamente difundido, com diversas aplicações na área da saúde. A imagem térmica pode ser aplicada como exame complementar de diagnóstico ou como medida de resultados de ensaios clínicos. Tem como vantagem a possibilidade de medir a temperatura da superfície da pele em tempo real, podendo uma imagem conter um infinito número de pontos de temperatura (Ring e Ammer, 2012).

Esta tem sido utilizada para estudar determinadas patologias que podem afetar a temperatura da pele, como a presença de inflamação nos tecidos subjacentes levando ao aumento do fluxo sanguíneo, e por consequência levar à hipertermia. Enquanto a degeneração, a atividade muscular reduzida e uma má perfusão podem causar diminuição do fluxo sanguíneo levando a um quadro de hipotermia (Hildebrandt, Raschner e Ammer, 2010, Ring e Ammer, 2012). Uma lesão está muitas vezes relacionada com variações no fluxo sanguíneo e este por sua vez afeta a temperatura da pele (Hildebrandt, Raschner e Ammer, 2010).

Apesar dos efeitos contraditórios acerca da efetividade do exercício vibratório esta modalidade tem sido deveras investigada como forma de intervenção em diversas patologias, utilizando parâmetros de vibração e equipamentos muito distintos. Para que a utilização do exercício vibratório decorra de forma efetiva e segura ainda é necessário o estudo dos efeitos fisiológicos decorrentes da sua aplicação. Os efeitos do exercício vibratório na temperatura da pele dos membros inferiores encontram-se ainda pouco documentados na literatura. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é analisar as respostas térmicas dos músculos da coxa e perna expostos a diferentes frequências vibratórias, de forma a verificar a hipótese de diferentes frequências vibratórias determinarem diferentes respostas térmicas, quando comparado com um grupo de controlo.

Metodologia

O estudo em causa foi realizado no âmbito da Licenciatura em Fisioterapia da Universidade Fernando Pessoa e apresenta um carácter experimental, do tipo *Single System Design* em que cada participante é sujeito a todas as condições experimentais e serve de controlo de si próprio. No que diz respeito à caracterização das variáveis, a variável independente é a vibração corporal, e a dependente é a temperatura da pele dos membros inferiores.

Procedimentos éticos

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da Universidade Fernando Pessoa. Todos os indivíduos que se voluntariaram a participar no estudo foram informados acerca dos objetivos, possíveis riscos, protocolos e procedimentos metodológicos e apresentaram por escrito o seu consentimento livre e esclarecido, de acordo com a declaração de Helsínquia.

Descrição e caracterização da amostra

Para este estudo voluntariaram-se oito indivíduos do sexo masculino, cujas médias de idades, índice de massa corporal e prega crural são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização da amostra relativamente à idade, índice de massa corporal (IMC) e prega crural

n = 8	Idade (anos)	IMC (Kg/m²)	Prega Crural (mm)
Média	24,13	22,96	14,00
Desvio Padrão (DP)	1,55	2,74	6,68

mm: milímetros; Kg/m²: quilograma por metro quadrado

Todos os participantes foram caracterizados como irregularmente ativos, segundo os critérios do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ). Dos participantes da referida amostra todos apresentam dominância podal direita, com exceção de um participante que refere dominância podal esquerda, de acordo com os critérios do Questionário de Preferência Lateral (Van Strien, 2003). Constituíram critérios de inclusão: jovens adultos, saudáveis com idades compreendidas entre os 18 e os 30 anos. Os critérios de exclusão foram participantes com valores atípicos de prega crural, antecedentes de patologia músculo-esquelética, cardiovascular, neurológica e metabólica. História anterior de cirurgia ou fratura no membro superior ou inferior, bem como terapêuticas farmacológicas com ação sobre o sistema músculo-esquelético, cardiovascular ou neurológico.

Instrumentos

Para a realização deste estudo recorreu-se ao uso de uma balança (Tanita[®] BC-545) para o registo do peso dos indivíduos, um estadiómetro para medir a altura, um adipómetro para avaliação da prega crural, um goniómetro para controlo do ângulo de flexão do joelho na plataforma, um sensor para avaliação da temperatura e humidade da sala, um cronómetro para avaliação dos tempos de exposição e repouso, uma plataforma vibratória (Power Plate[®] Pro5)

para indução da vibração ao corpo e uma câmara termográfica (Flir® A325) para captura da temperatura no membro inferior. Para captura e análise de imagens foi utilizado o *software* FLIR ThermaCAM Researcher Pro 2.10®.

A camara termográfica recebe essa radiação emitida pelo corpo, convertendo-a em sinais elétricos. Estes sinais são então exibidos numa escala de cores que representa os valores de temperatura, o termograma construído gera um mapa quantitativo e qualitativo da temperatura da superfície da pele (Maldague et al., 2001cit. in, Hildebrandt, Raschner e Ammer, 2010).

A termografia proporciona um método não invasivo, sem radiação prejudicial para o paciente, para determinar o calor irradiado pela microcirculação encontrada 1 a 2 mm abaixo da superfície da epiderme (Cooke, Moralez, Barrera e Cox, 2011).

Para avaliação do membro preferido foi aplicado um questionário de preferência que envolve 5 perguntas de resposta rápida tendo o participante de referir o lado preferido para realizar uma série de tarefas básicas (Van Strien, 2003). Foi utilizada a escala de Borg, à avaliação da intensidade do esforço físico e/ou o desconforto sentido por cada participante durante o estudo. Para quantificar a atividade física de cada individuo recorreu-se ao IPAQ.

Procedimentos metodológicos

Todos os participantes foram sujeitos a três condições experimentais na plataforma vibratória, exposição a vibração de 25 Hz, exposição a vibração de 50 Hz e ausência de exposição à vibração. A ordem de exposição a cada uma das condições experimentais foi aleatória, com 7 dias de intervalo entre avaliações.

Antes da avaliação foi realizada tricotomia dos membros inferiores, recolhidas as medidas antropométricas e feita a medição da prega crural situada a meia distância entre a prega inguinal e a superfície anterior da rótula na linha média da coxa (Norton e Olds, 1996).

Nos procedimentos experimentais os indivíduos foram expostos à vibração usando uma plataforma vibratória (PowerPlate5®), as frequências de vibração utilizadas foram de 25Hz e 50Hz e amplitude de 5-6mm. Nenhuma vibração foi imposta a cada indivíduo do grupo de controlo enquanto estes estiverem na plataforma vibratória, embora se realize o mesmo procedimento aplicado aos indivíduos dos grupos experimentais relativamente ao posicionamento e período de manutenção na plataforma.

Relativamente ao protocolo de captura e análise de imagens foi pedido a cada participante para permanecer 15 minutos na sala de teste em repouso, para que a temperatura corporal estabilizasse com uma temperatura ambiente média de 22,86°C e humidade <50%. Em cada sessão cada indivíduo participou em quatro momentos de avaliação da temperatura do membro inferior, um antes da exposição à vibração, um imediatamente após, um 5 minutos após essa exposição e por último, 10 minutos após a exposição à vibração através da câmara termográfica (Flir® A325). A câmara encontrava-se posicionada a dois metros do participante, em posição frontal à área a avaliar. No final, para cada participante, foram recolhidos 24 termogramas que foram analisados recorrendo ao *software* previamente mencionado. Para cada membro inferior foram definidas quatro regiões de interesse retangulares, coxa dominante e não dominante face anterior (CDa e CnDa), coxa dominante e não dominante face posterior (CDp e CnDp), perna dominante e não dominante face anterior (PDa e PnDa) e perna dominante e não dominante face posterior (PDp e PnDp), como ilustrado na figura 1.

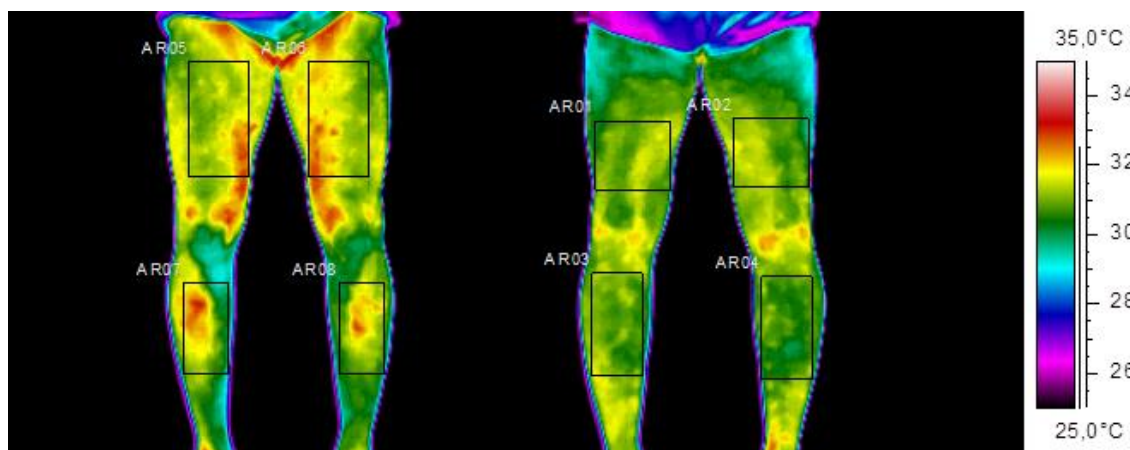


Figura 1 - Regiões de interesse da face anterior (esquerda) e face posterior (direita).

Neste estudo os indivíduos foram posicionados sobre a plataforma vibratória, descalços, na posição bípede sobre os membros inferiores com 70° de flexão dos joelhos, com os pés posicionados à largura dos ombros, sendo dada a indicação para manter a posição. Os indivíduos foram expostos à vibração durante 60seg, com 60seg de repouso após cada exposição contabilizando um total de 5 minutos de exposição e 5 minutos de repouso. Todos os participantes tiveram 7 dias de intervalo entre cada sessão de vibração.

Análise estatística

Foi utilizado o *software* de análise estatística IBM SPSS® 22 para Windows 7®. Foram utilizadas medidas de tendência central e de dispersão e estatística indutiva, para um $p \leq 0,05$. Uma vez que os dados da escala de Borg, da contração muscular na posição de semi-

agachamento para controlo, 25Hz e 50Hz não apresentam uma distribuição normal, foi utilizada estatística não paramétrica para comparação de medianas de medidas repetidas, em amostras emparelhadas (*Friedman's Two-Way Analysis of Variance by Ranks*). O teste de *Wilcoxon* foi executado para verificar existência de diferenças significativas entre os diferentes momentos de teste e para identificar diferenças de simetria térmica nos diferentes momentos de avaliação.

Resultados

Os dados referentes às medidas de tendência central e de dispersão e correspondentes valores de p para a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) das regiões de interesse, nas diversas situações de teste, encontram-se listados na tabela 2.

No procedimento controlo, quando compradas as alterações de temperatura na mesma região de interesse nos quatro momentos de avaliação, obtiveram-se diferenças estatisticamente significativas na área CDa onde existe um aumento da temperatura entre o momento “antes”, “depois” e “5min”, com uma descida da temperatura no ultimo momento de avaliação “10min” ($p = 0,002$). Não existiu nenhuma diferença estatisticamente significativa no que refere à mesma área no lado não dominante. As áreas posteriores da coxa seguem a mesma tendência de padrão termográfico, na área da CDp existe uma diminuição de temperatura estatisticamente significativa ao longo dos quatro períodos de avaliação ($p = 0,024$), tal como no lado não dominante, onde ocorreu uma diminuição da temperatura estatisticamente significativa ($p = 0,000$). Relativamente às áreas analisadas na região da perna existiu, tanto na anterior como posterior, um decréscimo da temperatura em relação ao que se verificava no momento “antes”, não existindo qualquer diferença entre dominante e não dominante. Tendo as quatro áreas diferenças estatisticamente significativas [PDa ($p = 0.038$); PnDa ($p = 0,003$); PDp ($p = 0,003$); PnDp ($p = 0,001$)].

Relativamente aos dados referentes à exposição à vibração de 25Hz, houve diferenças significativas nas mesmas áreas que no controlo. Na CDa entres o momento “antes” e “depois” ocorreu uma ligeira descida da temperatura, aumentando nos dois momentos seguintes, 5 e 10 minutos ($p = 0,027$). Nos “10 min” foi registada a média de temperaturas mais elevada para esta área nos três grupos, com um máximo de $31,96^{\circ}\text{C}$. Não existindo nenhuma diferença estatisticamente significativa no que refere à mesma área no lado não dominante Na parte posterior da coxa do lado dominante existiu uma diminuição de temperatura estatisticamente

significativa ao longo dos 4 períodos de avaliação ($p = 0,000$), tal como no que se refere ao lado não dominante, onde ocorreu uma diminuição da temperatura estatisticamente significativa ($p = 0,000$). No que diz respeito às áreas analisadas na região da perna, houve diferenças estatisticamente significativas na parte anterior da perna, nas duas áreas, sendo a diminuição da temperatura semelhante entre lado dominante e não dominante. Esta diminuição verifica-se após a exposição à vibração (25 Hz e 50 Hz), em relação à observada “antes”. No entanto, este decréscimo é mais acentuado “depois” e na frequência de 50 Hz, aumentando sucessivamente nos dois momentos seguintes, 5 e 10 minutos, nas duas frequências, sendo mais evidente nos 25 Hz. Na região posterior da perna o decréscimo da temperatura da pele mantém-se, diminuindo ao longo dos três momentos restantes, com diferenças estatisticamente significativas apenas na perna não dominante ($p = 0,043$) nos 25 Hz.

Na vibração com frequência mais elevada (50Hz) existiram diferenças significativas nas mesmas áreas que o grupo de controlo e 25Hz. A área CDa segue a mesma tendência de padrão termográfico registada nos “25hz” e no “controlo”, com diferenças estatisticamente significativas ($p = 0,018$) onde ocorre um aumento gradual ao longo dos quatro momentos, não existindo nenhuma diferença estatisticamente significativa no que refere à mesma área no lado não dominante. No que se refere à região posterior da coxa, a temperatura decresce em relação à observada “antes” e continua a diminuir ao longo do tempo (5 e 10 min), apresentando um decréscimo mais acentuado no lado dominante ($p = 0,001$), do que no não dominante ($p = 0,001$). No que concerne às áreas analisadas na região posterior da perna, houve diferenças estatisticamente significativas no lado dominante e não dominante, ocorrendo semelhante decréscimo da temperatura da pele em ambas.

No gráfico 1 pode observar-se a variação da temperatura para todas as regiões de interesse e todos os momentos de avaliação, sendo assim possível observar como a temperatura varia para cada tipo de frequência em teste, bem como o grupo de controlo, e ao longo do tempo. É perceptível um decréscimo em todas as regiões de interesse, exceto nas coxas face anterior.

Tabela 2 - Dados respetivos à média, desvio padrão e respetivo valor de p das áreas em estudo, para as três diferentes condições de teste (controlo, 25Hz e 50Hz)

Região		Controlo					p	25Hz					p	50Hz					p
		Antes	Depois	5 min	10 min			Antes	Depois	5 min	10 min			Antes	Depois	5 min	10 min		
CDa	Média	31,40	31,48	31,92	31,27	0,002	31,57	31,56	31,82	31,96	0,027	31,21	31,25	31,72	31,86	0,018			
	DP	0,67	0,92	0,92	0,85		0,56	0,76	0,65	0,66		0,43	0,73	0,61	0,59				
CnDa	Média	31,45	31,51	31,80	31,83	0,065	31,53	31,62	31,75	31,77	0,186	31,51	31,43	31,71	31,75	0,315			
	DP	0,73	0,75	0,99	1,01		0,64	0,71	0,81	0,77		0,58	0,81	0,84	0,81				
CDp	Média	31,31	30,97	30,87	30,78	0,024	31,36	31,01	30,93	30,82	0,000	31,48	30,77	30,68	30,34	0,001			
	DP	0,65	0,57	0,64	0,67		0,63	0,68	0,59	0,67		0,33	0,54	0,38	0,35				
CnDp	Média	31,48	31,08	30,98	30,85	0,000	31,42	31,03	30,96	30,83	0,000	31,58	30,85	30,76	30,73	0,001			
	DP	0,50	0,54	0,61	0,62		0,61	0,69	0,62	0,64		0,32	0,68	0,46	0,39				
PDA	Média	31,51	31,02	31,23	31,23	0,038	31,52	31,05	31,16	31,18	0,050	31,58	30,73	31,00	31,13	0,017			
	DP	0,61	0,5	0,59	0,66		0,67	0,90	0,71	0,67		0,49	0,90	0,55	0,52				
PnDa	Média	31,47	30,92	31,12	31,08	0,003	31,45	30,96	31,02	31,06	0,010	31,48	30,66	30,87	31,00	0,010			
	DP	0,56	0,43	0,52	0,55		0,85	0,93	0,79	0,77		0,66	0,86	0,58	0,54				
PDp	Média	31,12	30,78	30,75	30,73	0,003	30,90	30,70	30,68	30,61	0,374	31,13	30,60	30,61	30,65	0,034			
	DP	0,58	0,49	0,58	0,57		0,58	0,70	0,70	0,73		0,45	0,73	0,51	0,35				
PnDp	Média	31,26	30,85	30,87	30,20	0,001	30,93	30,78	30,70	30,56	0,043	31,23	30,76	30,73	30,72	0,027			
	DP	0,73	0,56	0,68	0,69		0,82	0,79	0,76	0,81		0,59	0,87	0,60	0,42				

Legenda: CDa: coxa dominante face anterior; CnDa: coxa não dominante face anterior; CDp: coxa dominante face posterior; CnDp: coxa não dominante face posterior; PDA: perna dominante face anterior; PnDa: perna não dominante face anterior; PDp: perna dominante face posterior; PnDp: perna não dominante face posterior.

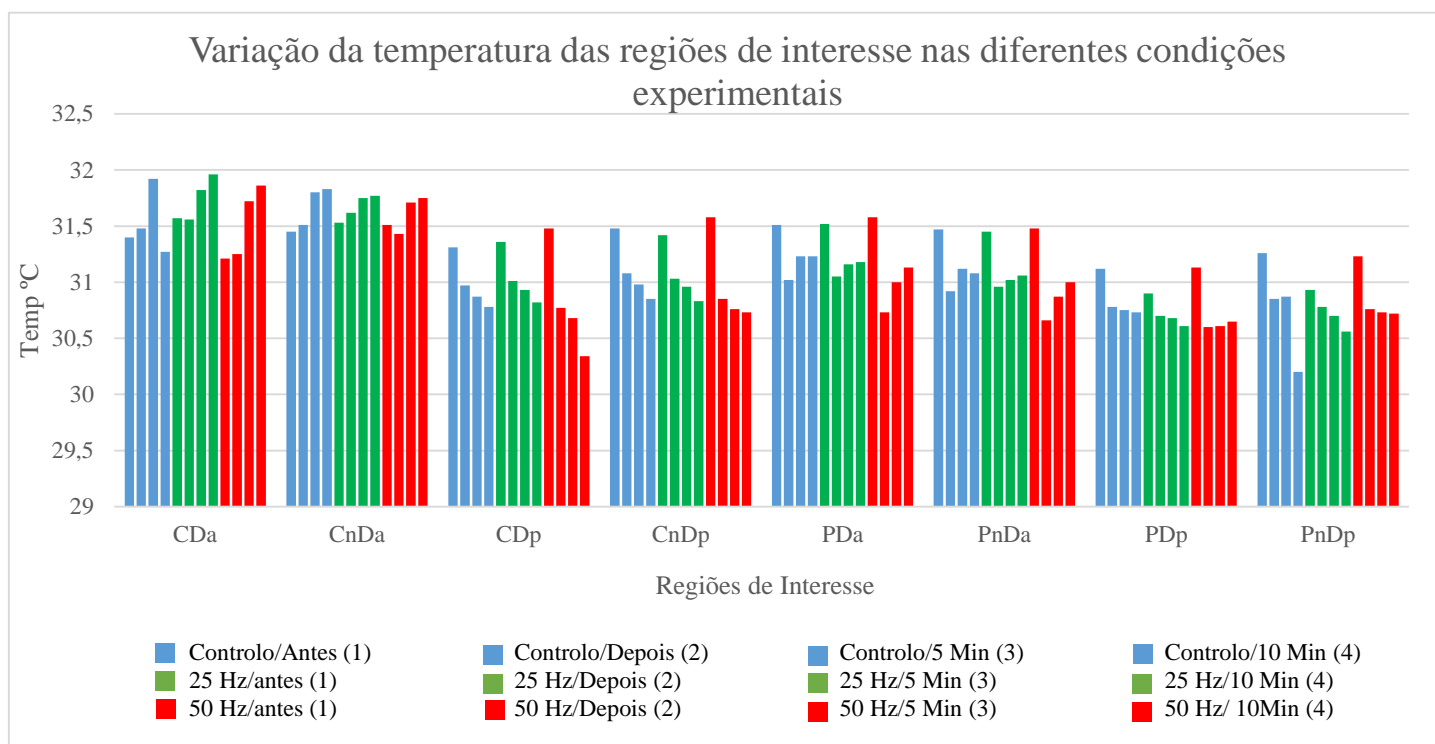


Gráfico 1 - Variação da temperatura nas várias frequências e controlo para nos quatro momentos de avaliação.

Discussão

Após análise dos resultados podemos constatar que as diferentes condições experimentais e de controlo induziram alterações na temperatura da pele dos membros inferiores.

Pesquisas anteriores sobre os efeitos da vibração na alteração da temperatura dos membros inferiores relatam diversos resultados. Alguns autores relataram um aumento significativo da temperatura após a vibração (Hazell, Thomas, Deguire e Lemon, 2008, Games e Sefton, 2013), porém outros autores (Cochrane, Stannard, Sargeant e Rittweger, 2008, Cochrane, Stannard, Firth e Rittweger, 2010, Seixas, Silva, Gabriel e Vardasca, 2013) relataram falta de efeitos significativos da vibração na alteração da temperatura do membro inferior, ou ate mesmo um decréscimo de temperatura.

O sistema neuromuscular funciona para amortecer a ressonância dos tecidos moles que ocorre em resposta à vibração (Wakeling, Nigg e Rozitis, 2002, Wakeling e Liphardt, 2006). Assim que as cargas de vibração são aplicadas, as respostas mecânicas e metabólicas surgem a partir do sistema neuromuscular (Kersch-Schindl et al., 2001, Rubin et al., 2004). Segundo Kersch-Schindl et al. (2001), a vibração provoca vasodilatação fazendo dilatar os vasos de pequeno calibre, diminuindo a resistência

vascular periférica. A vibração também reduz a viscosidade sanguínea o que vai levar a um aumento do volume de sangue a nível muscular, conseqüentemente levando a um aumento de temperatura local. Mais importante ainda, a temperatura superficial da pele e o fluxo de sanguíneo do músculo, não podem ser considerados independentes um do outro uma vez que cada um deles tem o potencial de influenciar de forma significativa o outro (Games e Sefton, 2013).

Os dados obtidos não revelaram a existência um padrão geral para a temperatura da pele associado à vibração. Com este estudo pode-se comprovar que existe um aumento de temperatura na parte anterior das coxas, para as duas frequências usadas, no entanto esse aumento torna-se mais expressivo no momento “5 min” e “10 min” da frequência mais elevada (50Hz) havendo uma variação de 0,65°C na coxa dominante, tornando-se o aumento mais expressivo em todas as regiões analisadas. Nesta região apenas a coxa dominante apresenta diferenças estatisticamente significativas. Alguns autores descobriram anteriores um aumento médio da temperatura de 1,5 °C no vasto lateral após uma exposição à vibração de 26 Hz de frequência e 6mm de amplitude (Cochrane, Stannard, Sargeant e Rittweger, 2008).

No exercício vibratório são aplicados mais ciclos de estimulação do que na marcha. Segundo Rauch (2009) uma sessão de 9 minutos de exposição à vibração com uma frequência de 20Hz aplica de 10 a 800 impulsos de estimulação para as extremidades inferiores, o que corresponde ao número de impulsos correspondentes aos recebidos durante 3 horas de andar a uma velocidade regular. Games e Sefton (2013) levantam a hipótese de que o aumento da temperatura do músculo ocorra devido à sequência de ciclos de alta frequência com ocorrência de contrações concêntricas e excêntricas, levando a um aumento do metabolismo muscular e aumento da circulação. Kerschman-Schindl et al. (2001) comprovaram que com 9 minutos sobre uma plataforma vibratória (26 Hz) com flexão do joelho de 60°-70° se evidencia um aumento no volume de sangue para os músculos quadríceps e gastrocnêmio. No entanto os mesmos autores referem que, o exercício vibratório não altera a frequência cardíaca ou pressão arterial, induzindo alterações na circulação periférica ocorrendo dilatação dos capilares nos quadricípites e gastrocnêmios, reduzindo a resistência vascular periférica e a viscosidade do sangue facilitando a passagem de mais fluxo sanguíneo levando a um aumento da temperatura local.

O resultado obtido no grupo de controlo, para a região anterior das coxas, verificou-se um aumento da temperatura no lado dominante de 0,52°C para o momento “5min”. No lado não dominante este aumento também se verifica sendo a diferença de 0,38°C no momento “10min”, no entanto esta diferença não é estatisticamente significativa. Cochrane, Stannard, Firth e Rittweger (2010), comprovaram um aumento de temperatura da pele das coxas em 0,8°C com um semi-agachamento de 40° de flexão do joelho sem vibração, no entanto o protocolo varia no tempo de sustentação desta posição e no ângulo do joelho. Este aumento pode estar relacionado com o músculo vasto medial e com a maior ativação na posição de agachamento isométrico sem vibração levando a aumentando o fluxo sanguíneo e, conseqüentemente, aumento da temperatura da pele como acontece em estudos anteriores (Seixas, Silva, Gabriel e Vardasca, 2013).

Os nossos resultados relativos à parte posterior das coxas seguem uma tendência diferente, verificando-se uma diminuição estatisticamente significativa da temperatura ao longo do tempo. Como os músculos desta região se encontram menos ativos, o fluxo de sangue é redirecionado para os músculos ativos para a manutenção do semi-agachamento indo de encontro ao descrito por (Rowell, 2011). Um menor fluxo leva a uma diminuição de temperatura.

Os autores (Hazell, Thomas, Deguire e Lemon, 2008, Games e Sefton, 2013) relatam aumento de temperatura na perna analisando unicamente a temperatura num ponto em vez de uma região. Ambos os autores relataram aumentos significativos na temperatura usando frequências mais altas (45 Hz, 2 mm de amplitude, 15 repetições de 1 minuto com um minuto de descanso entre as repetições e 50 Hz, 2 mm de amplitude, 5 repetições de um minuto com 10 segundos de descanso entre repetições, respetivamente). Segundo os nossos dados a temperatura, da região em que se encontram estes pontos analisados, diminuiu com as duas frequências protocoladas bem como no grupo de controlo.

Para nosso conhecimento este estudo é o único que faz comparação entre as várias frequências e o controlo com os mesmos indivíduos dos grupos experimentais, avaliando regiões anteriores e posteriores do membro inferior, dando um pequeno contributo para o corpo de conhecimento sobre as alterações fisiológicas decorrentes da exposição ao exercício vibratório.

Estudos anteriormente elaborados sobre os efeitos da vibração na temperatura da pele não são consensuais. Existem poucos estudos focados na variação sistemática dos parâmetros

de vibração a fim de descrever as melhores condições de treino, sobre frequências de vibração, amplitude, tempo de exposição e a posição do corpo. Na literatura surgem publicados inúmeros protocolos, com características muito diferentes no que respeita aos parâmetros de vibração e tempo de exposição.

São insuficientes os estudos utilizando a termografia infravermelha para avaliar os efeitos da vibração e os poucos estudos publicados não analisam várias regiões de interesse, avaliando apenas a temperatura num único ponto, o que pode justificar a divergência dos resultados. Apenas Games e Sefton (2013) fazem uma avaliação da temperatura da pele ao longo do tempo, maioria dos estudos faz a avaliação da temperatura no momento após a exposição unicamente.

Constituem limitações do presente estudo o reduzido tamanho amostral, o facto de a amostra ser de conveniência e a necessidade de estudar os efeitos de uma frequência intermédia na temperatura da pele.

Conclusão

Em resumo, após análise e discussão dos resultados observou-se, para a amostra em estudo, um aumento significativo da temperatura superficial da pele, na coxa dominante face anterior, de jovens adultos saudáveis após exposição a todas as condições experimentais, que se manteve por 10 minutos na exposição às duas frequências de vibração. Nas outras regiões avaliadas verificou-se uma diminuição geral da temperatura da pele, estatisticamente significativa, reduzindo na face posterior da coxa e perna, bem como na face anterior da perna em todas as condições experimentais. Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre as condições experimentais o que nos leva a concluir que a vibração não induz alterações na temperatura diferentes da manutenção da postura em isometria.

A vibração tem sido cada vez mais utilizada no desporto e na reabilitação e vários estudos tem vindo a avaliar a influência da vibração no desempenho físico dos indivíduos. Apesar do contributo que esta investigação possa fornecer, a grande variedade de protocolos referida na literatura, reforça a necessidade de mais estudos com boa base metodológica para fortalecer os resultados por nós obtidos, permitindo clarificar a influência do exercício vibratório na temperatura da pele dos membros inferiores.

Bibliografia

- Boulant, J. (2000). Role of the preoptic-anterior hypothalamus in thermoregulation and fever. *Clinical Infectious Diseases*, 31(5), 157-161.
- Burke, D. e Schiller, H. (1976). Discharge Pattern of Single Motor Units in the Tonic Vibration Reflex of Human Triceps Surae. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 39(8), 729-741.
- Cardinale, M. e Wakeling, J. (2005). Whole Body Vibration Exercise: Are Vibrations Good for You? *British Journal of Sports Medicine*, 39(9), 585-589.
- Charkoudian, N. (2003). Skin Blood Flow in Adult Human Thermoregulation: How It Works, When It Does Not, and Why. *Mayo Clinic Proceedings*, 78(5), 603-612.
- Cochrane, D., Stannard, S., Firth, E. e Rittweger, J. (2010). Comparing Muscle Temperature During Static and Dynamic Squatting with and without Whole-Body Vibration. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 30(4), 223-229.
- Cochrane, D. J., Stannard, S. R., Sargeant, A. J. e Rittweger, J. (2008). The Rate of Muscle Temperature Increase During Acute Whole-Body Vibration Exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 103(4), 441-448.
- Cooke, W., Moralez, G., Barrera, C. e Cox, P. (2011). Digital Infrared Thermographic Imaging for Remote Assessment of Traumatic Injury. *Journal of Applied Physiology*, 111(6), 1813-1818.
- Da Silva, M., Nunez, V., Vaamonde, D., Fernandez, J., Poblador, M., Garcia-Manso, J. e Lancho, J. (2006). Effects of Different Frequencies of Whole Body Vibration on Muscular Performance. *Biology of Sport*, 23(3), 267-282.
- Delecluse, C., Roelants, M. e Verschueren, S. (2003). Strength Increase After Whole-body Vibration Compared with Resistance Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(6), 1033-1041.
- Games, K. e Sefton, J. (2013). Whole-Body Vibration Influences Lower Extremity Circulatory and Neurological Function. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(4), 516-523.
- Hazell, T., Thomas, G., Deguire, J. e Lemon, P. (2008). Vertical Whole-Body Vibration does not Increase Cardiovascular Stress to Static Semi-Squat Exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 104(5), 903-908.
- Hildebrandt, C., Raschner, C. e Ammer, K. (2010). An Overview of Recent Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine in Austria. *Sensors*, 10(5), 4700-4715.
- Jiang, L., Ng, E., Yeo, A., Wu, S., Pan, F., Yau, W., Chen, J. e Yang, Y. (2005). A Perspective on Medical Infrared Imaging. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 29(6), 257-267.
- Kersch-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V. e Imhof, H. (2001). Whole-body Vibration Exercise Leads to Alterations in Muscle Blood Volume. *Clinical Physiology*, 21(3), 377-382.
- Maldague, X., Jones, T., Kaplan, H., Marinetti, S. e Prystay, M. (2001). Principles of Infrared and Thermal Testing. In: Columbus, A. P. (ed.) *Nondestructive Handbook, Infrared and Thermal Testing*. 3 ed. Ohio, USA.
- Marín, P. e Rhea, M. (2010). Effects of Vibration Training on Muscle Strength: A Meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(2), 548-556.

- Nordlund, M. M. e Thorstensson, A. (2007). Strength Training Effects of Whole-body Vibration? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(1), 12-17.
- Norton, K. e Olds, T. (1996). Measurement Techniques in Anthropometry. *Anthropometrica: a Textbook of Body Measurement for Sports and Health Courses*. Sydney, Australia: University of New South Wales Press.
- Rauch, F. (2009). Vibration Therapy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 51(4), 166-168.
- Rehn, B., Lidström, J., Skoglund, J. e Lindström, B. (2007). Effects on Leg Muscular Performance from Whole-body Vibration Exercise: A Systematic Review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(1), 2-11.
- Ring, E. e Ammer, K. (2012). Infrared Thermal Imaging in Medicine. *Physiological Measurement*, 33(3), 33-46.
- Rittweger, J. (2010). Vibration as an Exercise Modality: How it May Work, and What its Potential Might be. *European Journal of Applied Physiology*, 108(5), 877-904.
- Rittweger, J., Beller, G. e Felsenberg, D. (2000). Acute Physiological Effects of Exhaustive Whole-body Vibration Exercise in Man. *Clinical Physiology*, 20(2), 134-142.
- Rothmuller, C. e Cafarelli, E. (1995). Effect of Vibration on Antagonist Muscle Coactivation During Progressive Fatigue in Humans. *The Journal of Physiology*, 485(3), 857-864.
- Rowell, L. (2011). Cardiovascular Adjustments to Thermal Stress. In: David and Ploock, D. M. (ed.) *Handbook of Physiology*. John Wiley & Sons, Inc.
- Rubin, C., Recker, R., Cullen, D., Ryaby, J., McCabe, J. e McLeod, K. (2004). Prevention of Postmenopausal Bone Loss by a Low-Magnitude, High-Frequency Mechanical Stimuli: A Clinical Trial Assessing Compliance, Efficacy, and Safety. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19(3), 343-351.
- Seixas, A., Silva, A., Gabriel, J. e Vardasca, R. (2013). The Effect of Different Vibration Frequencies in the Skin Temperature in Healthy Subjects. In: IEEE, M.-t. e. o. (ed.) *International Symposium on Medical Measurement and Applications*. Lisboa.
- Tomás, R. (2011). Exercício Vibratório. *Revista Médica Desportiva*, 5(2), 19-21.
- van Strien, J. (2003). The Dutch Handedness Questionnaire. *Erasmus University Rotterdam*.
- Wakeling, J. e Liphardt, A. (2006). Task-Specific Recruitment of Motor Units for Vibration Damping. *Journal of Biomechanics*, 39(7), 1342-1346.
- Wakeling, J., Nigg, B. e Rozitis, A. (2002). Muscle Activity Damps the Soft Tissue Resonance that Occurs in Response to Pulsed and Continuous Vibrations. *Journal of Applied Physiology*, 93(3), 1093-1103.