



**UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA
FCS/ESS**

**LICENCIATURA EM FISIOTERAPIA
PROJETO E ESTÁGIO PROFISSIONALIZANTE II**

**ALTERAÇÕES DA TEMPERATURA DA PELE DO GASTROCNÉMIO
MEDIAL DECORRENTES DE UM EXERCÍCIO ISOCINÉTICO COM
INDUÇÃO DE FADIGA**

Hugo Rossas
Estudante de Fisioterapia
Escola Superior de Saúde – UFP
24092@ufp.edu.pt

Adérito Seixas
aderito@ufp.edu.pt
Escola Superior de Saúde - UFP

Sandra Rodrigues
sandrar@ufp.edu.pt
Escola Superior de Saúde - UFP

Porto, 27 de Junho de 2014

Resumo

Introdução: Dependendo do tipo de exercício físico, a vascularização cutânea e consequente temperatura da pele apresentam distribuições diferentes durante e após a realização do exercício. *Objetivo:* descrever a variação da temperatura da pele durante e após um exercício de carga máxima com indução de fadiga. *Metodologia:* foi utilizado um dinamómetro isocinético para aplicação do exercício com indução de fadiga e simultaneamente foi recolhida a temperatura da pele do gastrocnémio medial durante o exercício, imediatamente após e ao longo dos 10 minutos seguintes, através da utilização de uma câmara termográfica. *Resultados:* verificou-se que ao longo de todo do exercício a temperatura da pele diminuiu constantemente e na fase de repouso aumentou gradualmente, atingindo o pico máximo de 32,99 °C no 7º minuto de repouso, e revelou tendência para diminuir a partir desse ponto. Verificou-se ainda uma correlação forte entre o trabalho total realizado e os valores de temperatura da pele obtidos a partir do 8º minuto de repouso. *Conclusão:* a temperatura da pele diminui durante toda a realização deste tipo de exercício e na fase de repouso aumenta durante algum tempo, acabando por voltar a diminuir.

Palavras-chave: exercício com indução de fadiga, termografia, temperatura da pele.

Abstract

Introduction: Depending on the type of exercise, cutaneous vascularization and subsequent skin temperature have different distributions during and after exercise completion. *Objective:* To describe the variation in skin temperature during and after a workout with maximum load induced fatigue. *Methodology:* an isokinetic dynamometer application of exercise was used to induce fatigue and simultaneously was collected skin temperature of the medial gastrocnemius during the exercise, immediately after, and over the next 10 minutes, through the use of a thermal imager. *Results:* We found that throughout the exercise skin temperature decreased continuously and at resting phase gradually increased, reaching a peak of 32.99 °C after 7 minutes of rest, and showed a tendency to decrease from that point. There was also a strong correlation between the total work done and the values of skin temperature obtained from the 8 minutes of rest. *Conclusion:* skin temperature decreases throughout the implementation of this type of exercise and the resting phase increases for some time, eventually decreasing again.

Keywords: induced-fatigue exercise, thermography, skin temperature.

Introdução

A fadiga é uma condição muito prevalente, contudo não existe uma definição precisa para o fenómeno (Miller, 2006). Embora seja vulgarmente definida como uma sensação de cansaço, falta de energia ou exaustão, segundo Zwarts, Bleijenberg e Engelen (2008), o conceito de fadiga apresenta duas dimensões, a fisiológica e a psicológica. No que diz respeito à sua dimensão psicológica podemos dizer que fatores como o bem-estar, problemas de concentração, autoestima, atitude, ambiente social e perturbações do sono, podem estar na causa ou influenciar a presença e a intensidade de fadiga. Já no que diz respeito à dimensão fisiológica, normalmente fadiga, fadiga muscular ou fadiga “neuromuscular”, pode ser definida como a perda da capacidade de produzir força voluntária durante o exercício (Zwarts, Bleijenberg e Engelen, 2008). A presença de fadiga muscular não é necessariamente acompanhada pela auto-perceção da mesma, e vice-versa. Esta perda de capacidade de produzir força voluntária pode ter origem periférica e/ou central (Zwarts, Bleijenberg e Engelen, 2008). A fadiga de origem periférica deve-se à acumulação de lactato, à alteração do nível de iões intracelulares, ao potássio extracelular e à redução do pH, que em conjunto afetam a excitabilidade da membrana, provocando um efeito negativo na força de contração do músculo. Porém, a fadiga de origem central, deve-se à diminuição da ativação voluntária do músculo por parte do sistema nervoso central. Um músculo que recebe um *input* proveniente do sistema nervoso central (informação eferente) que não seja ótimo, não é capaz de produzir a sua máxima força de contração. Nestes casos de ativação central submáxima, diz-se existir uma falha de ativação central, que quando ocorre durante um exercício, estamos perante um fenómeno de fadiga central (Zwarts, Bleijenberg e Engelen, 2008). Justifica-se assim a elevada prevalência do sintoma de fadiga quer em distúrbios do Sistema Nervoso Central quer em distúrbios do Sistema Nervoso Periférico (Zwarts, Bleijenberg e Engelen, 2008).

Uma grande parte das queixas relacionadas com o sistema musculoesquelético devem-se à fadiga muscular associada a atividades de carga excessiva. O que significa que se for possível reduzir a fadiga através de alterações da tarefa, como por exemplo, alterações da postura, da duração e da carga do trabalho, será possível diminuir as queixas a nível do sistema musculoesquelético. Ou seja, os métodos de deteção e avaliação de fadiga revelam-se bastante importantes no que diz respeito à prevenção do aparecimento deste sintoma, que segundo Bartuzi, Roman-Liu e Wisniewski (2012) pode levar ao aparecimento de lesões.

Segundo Hassanlouei, Arendt-Nielsen, Kersting e Falla (2012), a fadiga muscular aumenta o risco de lesão musculoesquelética durante perturbações bruscas (como as que ocorrem na maioria dos desportos ou em movimentos súbitos), o que justifica que os programas de reabilitação para pacientes ou atletas devam ser minuciosamente monitorizados para detetar a existência ou não de fadiga, de modo a evitar défices que comprometam a estabilidade dinâmica de qualquer articulação.

O exercício físico traduz-se pela transformação de energia química em energia cinética e térmica, o que provoca um aumento de produção de calor no interior do corpo. Essa produção de calor faz aumentar a temperatura interna do corpo e leva à ativação do sistema de termorregulação que vai iniciar a vasodilatação cutânea de forma a dissipar esse calor produzido (Fernandes et al., 2014).

O corpo humano necessita de manter a sua temperatura interna por volta dos 37°C e a temperatura da pele entre os 30.7°C e os 35.6°C de modo a manter a homeostase térmica (Ayres et al., 2013). A manutenção da temperatura interna é assegurada pelo sistema de termorregulação do corpo humano que é responsável pelo controlo adequado da dissipação e manutenção/geração de calor (Charkoudian, 2003). Existem variáveis internas (atividade física, patologias, inflamações, metabolismo, etc.) e externas (condições climatéricas, vestuário, etc.) que influenciam a temperatura do corpo, e a pele apresenta um papel muito importante nas trocas de calor que ocorrem entre o meio interno e externo através de processos de condução, convecção, radiação e evaporação (Formenti et al., 2013, Ayres et al., 2013). Quando ocorre um aumento da temperatura interna e/ou da pele, o hipotálamo, responsável pelo controlo da temperatura, desencadeia uma resposta de vasodilatação cutânea e consequente aumento do fluxo sanguíneo para a pele de modo a aumentar a dissipação de calor. Por sua vez, quando ocorre uma diminuição da temperatura interna e/ou da pele, desencadeia-se uma resposta de vasoconstrição cutânea e consequente diminuição do fluxo sanguíneo da pele de modo a diminuir a dissipação de calor (Charkoudian, 2003). O mesmo autor refere ainda que este mecanismo de termorregulação e a regulação da pressão sanguínea são controlados pelos sistemas simpáticos de vasodilatação e vasoconstrição cutânea. Também Merla e Romani (2005) referem que a temperatura da pele depende do equilíbrio das trocas de calor que ocorrem nos tecidos internos, na vasculatura local e durante a atividade metabólica que são processos mediados pela atividade simpática e parassimpática.

Contudo, Johnson (1992) e Robinson (1963) citados por Formenti et al.(2013) e Zontak et al. (1998), referem que no início do exercício físico ocorre uma breve vasoconstrição cutânea e consequente diminuição da temperatura da pele, devido à necessidade de aporte sanguíneo

para a musculatura em atividade. Mas com o aumento da temperatura interna a resposta do sistema de termorregulação sobrepõe-se a essa necessidade de aporte sanguíneo, verificando-se um aumento da temperatura da pele.

A termografia tem vindo a ser bastante utilizada em vários estudos pois permite verificar as variações da temperatura cutânea associadas ao exercício físico (Formenti et al., 2013) ou detetar patologias que apresentam padrões de distribuição da temperatura da pele diferentes do padrão normal de um indivíduo saudável (Merla e Romani, 2005). O objetivo deste estudo foi caracterizar o efeito de um exercício isocinético de flexão plantar da tibiotársica, com indução de fadiga, na temperatura da pele loco-regional do gastrocnémio medial, durante o exercício, imediatamente a seguir e ao longo dos 10 minutos seguintes.

Metodologia

Este trabalho, de carácter experimental, apresenta como variável dependente a temperatura da pele (expressa em °C) e como variável independente a fadiga.

Procedimentos éticos

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

Como descreve a Declaração de Helsínquia, todo o procedimento que foi realizado, assim como as suas consequências foram devidamente explicados a todos os participantes, com o compromisso de honra de manter o anonimato e a confidencialidade dos mesmos. Os participantes declararam por escrito, assinando o Consentimento Informado, a intenção de participar no estudo, sabendo que a qualquer momento e sem quaisquer consequências, poderiam abandonar o mesmo.

Descrição e caracterização da amostra

Tabela 1: Dados de caracterização da amostra

| | N | média ± desvio padrão |
|-------------------------------|----------|------------------------------|
| Idade (anos) | 9 | 23,11 ± 2,62 |
| IMC (Kg/m²) | 9 | 22,95 ± 2,48 |
| Prega Geminal (mm) | 9 | 7,78 ± 2,33 |

A amostra foi constituída por 9 indivíduos, com idades compreendidas entre 19 e 28 anos ($23,11 \pm 2,62$ anos), todos do sexo masculino, que praticavam atividade física regular. O índice de massa corporal da amostra apresentava o valor médio de $22,95 \text{ Kg/m}^2$ e um desvio padrão de $2,48 \text{ Kg/m}^2$. No que diz respeito à prega geminal, a amostra apresentou um valor médio de 7,78 milímetros com um desvio padrão de 2,33 milímetros.

Foram considerados como critérios de exclusão participantes que apresentassem historial de lesão no tornozelo e pé e alterações cognitivas, foram também excluídos do estudo todos os participantes com valor de prega geminal atípico.

Descrição dos instrumentos

A termografia, através de uma câmara térmica que recebe e processa radiação infravermelha emitida pela superfície da pele (Ferreira et al., 2008), é uma ferramenta de medição que utiliza imagens de distribuição da temperatura da pele que é simples, não-invasiva, não-ionizada e objetiva. (Seixas et al, 2014). Os instrumentos utilizados neste trabalho foram: dinamómetro isocinético (Biodex System Pro 4) para realizar o exercício de indução de fadiga, câmara termográfica (Flir A325) para recolha da temperatura da pele, estadiómetro para medição da altura, adipómetro para medição de pregas cutâneas, fita métrica para medição de perímetros musculares, balança para medição do peso corporal, lâmina para depilação, álcool para esterilização, cronómetro para temporizar o protocolo, a escala de Borg para mensurar a perceção de esforço induzida pelo protocolo.

Procedimentos de intervenção

Inicialmente foram recolhidos todos os dados antropométricos necessários de acordo com as normas descritas por Norton e Olds (1996), bem como informações pessoais de cada participante, de forma a verificar os critérios de inclusão e exclusão.

Todos os procedimentos foram realizados a uma temperatura ambiente de $23,96 \pm 0,52 \text{ }^\circ\text{C}$ e humidade relativa inferior a 50%.

Todos os participantes foram submetidos a um período de aclimatização à temperatura ambiente com a região em estudo a descoberto (região essa que foi previamente depilada e esterilizada de modo a possibilitar a recolha de imagem térmica mais fidedigna), a um protocolo de ativação geral e a um protocolo de indução de fadiga no dinamómetro isocinético. Foram recolhidas imagens térmicas durante todo o protocolo de fadiga e durante os 10 minutos subsequentes.

Protocolos experimentais

Protocolo de ativação geral

Previamente à realização do protocolo de fadiga, todos os participantes foram submetidos a um protocolo de ativação geral de cinco minutos na passadeira a uma velocidade de 3 Km/h.

Protocolo de fadiga

Todos os participantes foram corretamente posicionados na cadeira do dinamómetro isocinético de acordo com o manual de instruções da Biodex System Pro 4, com a coxofemoral a 90° de flexão, o joelho do membro direito entre 5° e 10° de flexão e a tibiotársica em posição neutra (90°), de modo a avaliar a articulação tibiotársica. Seguindo o protocolo de Granacher et al., (2010), inicialmente cada participante realizou alguns movimentos submáximos de dorsiflexão/flexão plantar como forma de familiarização com o protocolo. Posteriormente realizou-se o cálculo da contração máxima voluntária (CMV) através da realização de 4 movimentos com a máxima intensidade, dos quais foi selecionado o de maior valor. Seguiu-se um momento de repouso de 30 segundos que precedeu ao início do exercício com vista à indução de fadiga. Este exercício consistiu na realização do maior número de movimentos possíveis com a máxima intensidade. O protocolo foi dado por terminado quando os participantes realizavam três contrações consecutivas com torque inferior a 50% da CMV. Os participantes mantiveram-se na posição de teste em repouso total durante 10 minutos após o término do exercício. Todos os movimentos realizados no dinamómetro tiveram uma velocidade angular de 60°/s para flexão plantar e de 300°/s para dorsiflexão, o que difere do protocolo de Granacher et al., (2010) no que diz respeito à velocidade utilizada para dorsiflexão devido ao facto de o músculo em estudo ser o gastrocnémio medial, e não ser desejado um aparecimento de fadiga da musculatura antagonista.

Protocolo de captação e análise de imagem

A câmara termográfica estava posicionada por baixo e ligeiramente medial à perna em avaliação, a uma distância de 50cm da mesma.

As imagens termográficas que nos permitiram aceder à temperatura de superfície da pele começaram a ser recolhidas imediatamente antes do exercício de indução de fadiga até ao final dos 10 minutos de repouso, com uma frequência de 3 imagens por segundo. Das várias imagens captadas foram escolhidas 12, correspondentes aos momentos imediatamente antes do protocolo de fadiga, imediatamente depois do protocolo de fadiga, 1 minuto depois do

protocolo, 2 minutos depois, 3 minutos depois, 4 minutos depois, 5 minutos depois, 6 minutos depois, 7 minutos depois, 8 minutos depois, 9 minutos depois e 10 minutos depois do protocolo. Todas as imagens foram analisadas recorrendo ao *software ThermaCam Researcher Pro 2.10*. Para análise foi definida uma região de interesse (ver imagem 1) de onde foram retirados os valores de temperatura da pele.

Procedimentos estatísticos

De modo a verificar a normalidade da distribuição de dados foi realizado o teste de Shapiro-Wilk. Para a caracterização da amostra e das variáveis em estudo foi aplicada estatística descritiva (média e desvio padrão). Foi ainda realizado o teste de Friedman de medidas repetidas para a comparação entre os valores de temperatura da pele nos diferentes momentos de estudo e o teste de correlação de Spearman de modo a correlacionar os valores de Trabalho Total Realizado com os valores de temperatura obtidos durante todo o procedimento experimental. Para identificar os momentos onde existiram diferenças significativas assinaladas pelo teste de Friedman recorreremos ao teste de Wilcoxon para amostras emparelhadas (resultados significativos para $p \leq 0,05$).

Resultados

Na Tabela 2 são apresentados os valores que caracterizam a performance de todos os participantes durante o exercício de indução de fadiga realizado no dinamómetro isocinético. Dados respetivos ao torque máximo, número de repetições, trabalho total realizado e à Escala de Borg.

Tabela 2: Dados relativos à performance de todos os participantes durante o exercício de indução no dinamómetro isocinético.

| | n | média ± desvio padrão |
|-------------------------------------|----------|------------------------------|
| Torque Máximo (Nm) | 9 | 112,31 ± 16,72 |
| Nº de repetições | 9 | 42,50 ± 6,93 |
| Trabalho Total Realizado (J) | 9 | 1634,13 ± 315,14 |
| Escala de Borg | 9 | 14,56 ± 1,67 |

O torque máximo obtido, pela amostra, durante o exercício de indução de fadiga apresentou um valor médio de 112,31 Nm com um desvio padrão de 16,72 Nm O número médio de

repetições foi de 42,50 repetições com um desvio padrão de 6,93 repetições. O trabalho total realizado teve um valor médio de 1634,13 Joules com um desvio padrão de 315,14 Joules. Por sua vez a média dos valores da Escala de Borg foi de 14,56 com um desvio padrão de 1,67.

No gráfico 1 é possível observar a variação de temperatura média da região de interesse selecionada (imagem 1) durante os diferentes momentos de avaliação.

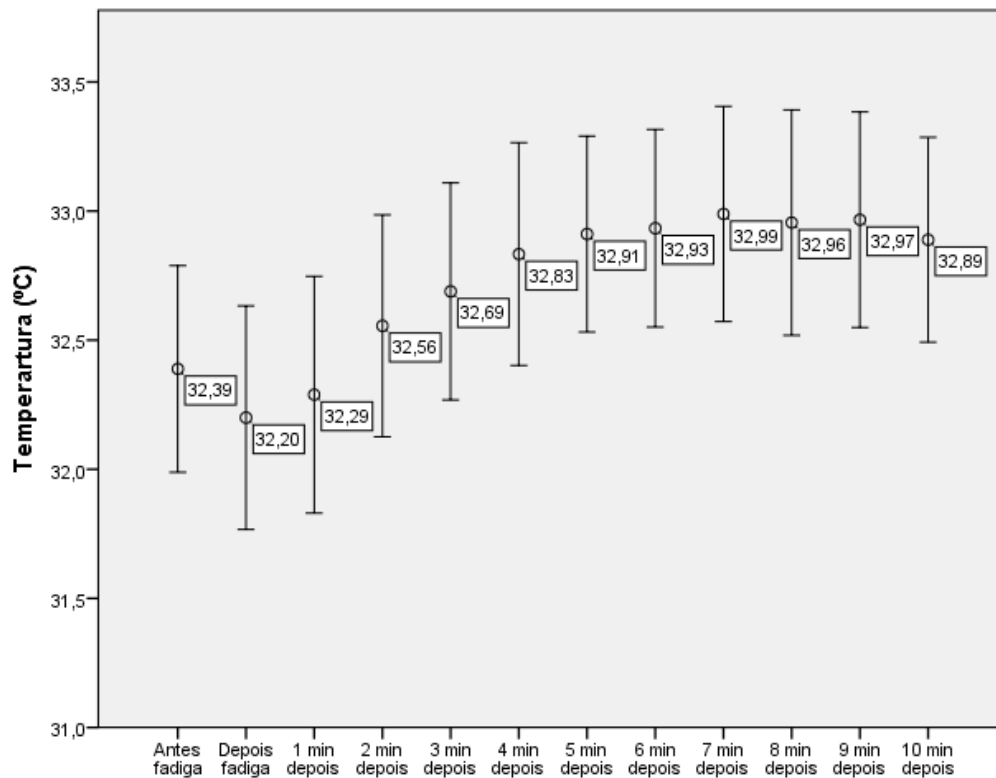


Gráfico 1: Variação da temperatura (°C) ao longo dos diferentes momentos de avaliação.

No gráfico representado acima é possível verificar a diminuição da temperatura com a realização do exercício de indução de fadiga. Contudo no início do repouso verificou-se um aumento de temperatura, sendo que esta atingiu o seu pico máximo de 32,99 °C aos 7 minutos de repouso, e no final dos 10 minutos já se verificava novamente diminuição da mesma.

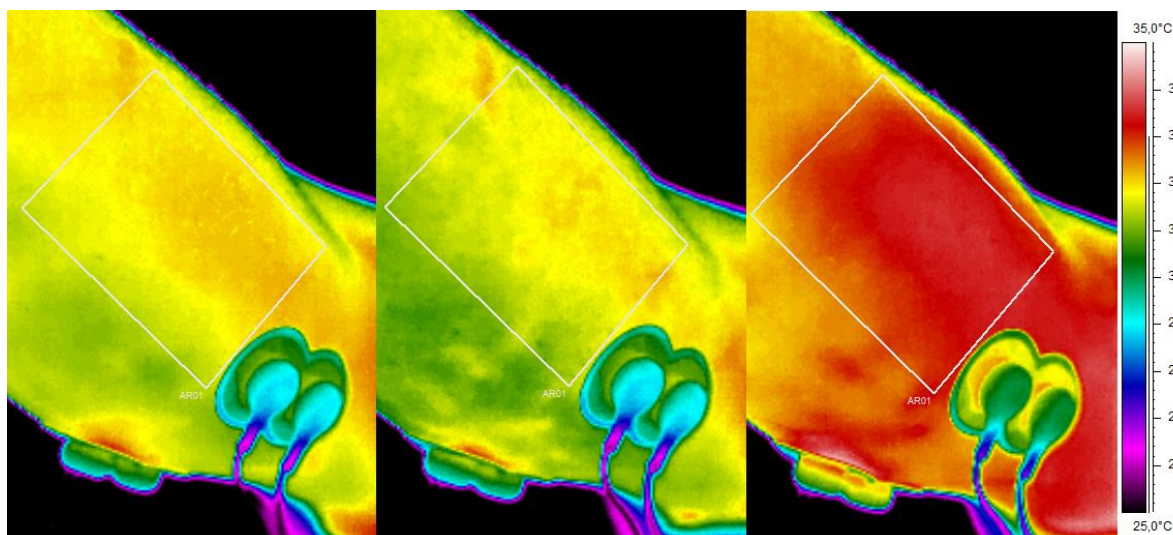


Imagem 1: Exemplo de termogramas antes do protocolo de fadiga (esquerda), depois do protocolo de fadiga (centro) e 10 minutos depois do protocolo de fadiga (direita).

A Tabela 3 indica-nos que, ao comparar a temperatura da pele antes do exercício e imediatamente após o exercício com as temperaturas obtidas durante o período de repouso, existem diferenças significativas no 7º e 9º minutos de repouso e a temperatura inicial (antes do exercício), e existem também diferenças significativas entre a temperatura imediatamente após o exercício e os valores obtidos a partir do 4º minuto até ao fim.

Tabela 3: Resultados do teste de Friedman de medidas repetidas para a comparação dos valores de temperatura antes e imediatamente após o exercício de fadiga com os valores de temperatura ao longo do período de monitorização.

| | Antes do exercício | Imediatamente após o exercício |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|
| 4mindepois | 1,00 | 0,03* |
| 5mindepois | 0,24 | 0,00* |
| 6mindepois | 0,17 | 0,00* |
| 7mindepois | 0,01* | 0,00* |
| 8mindepois | 0,08 | 0,00* |
| 9mindepois | 0,04* | 0,00* |
| 10mindepois | 0,71 | 0,01* |

(*) $p \leq 0,05$.

Na Tabela 4 é evidenciada a existência de uma correlação forte ($\rho > 0,70$) entre os valores do trabalho total realizado e os valores de temperatura do 8º, 9º e 10º minutos de repouso após o protocolo de fadiga.

Tabela 4: Correlação de Spearman entre os valores de Trabalho Total Realizado e os valores de temperatura ao longo do período de monitorização.

| Momentos | Trabalho Total Realizado | |
|-------------|--------------------------|------|
| | Spearman's rho | p |
| 8mindepois | 0,79 | 0,02 |
| 9mindepois | 0,75 | 0,03 |
| 10mindepois | 0,83 | 0,01 |

Esta correlação forte de Spearman entre o Trabalho Total Realizado e os valores de temperatura entre o 8º e o 10º minutos de repouso indicam que quanto mais elevado era o valor do trabalho total realizado, maior foi a temperatura da pele atingida ao 8º, 9º e 10º minutos após o protocolo.

Discussão

Os dados do presente estudo sugerem que o exercício físico influencia a temperatura da pele. Essa influência do exercício físico sobre a temperatura da pele tem vindo a ser estudada ao longo dos anos por vários autores. Seguindo o exemplo de Merla et al. (2010), que realizou um estudo em que aplicou um exercício de carga progressiva numa passadeira eletrónica e avaliou a temperatura da pele em várias regiões de interesse ao longo de todo o exercício, a temperatura da pele diminui à medida que a intensidade aumenta. Mas na fase de repouso (após o exercício) verifica-se um aumento linear da temperatura da pele. Também Barker, Hughes e Babski-Reeves (2006), no seu estudo em que replicaram uma tarefa do dia-a-dia que consistia em fazer um buraco numa placa colocada no teto, a duas alturas diferentes e em três tempos diferentes (com uma carga externa de 2 Kg, que consideraram como elevada devido à posição de teste), verificaram que a temperatura da pele na região do trapézio e do deltóide durante a realização da tarefa diminuiu ao longo do tempo e essa diminuição era mais acentuada em tarefas de maior dificuldade (que duram mais tempo e numa posição de maior flexão do braço). Já em 1987, Smolander, Korali, Korhonen e Ilmarinen, descreveram resultados semelhantes, pois ao aplicarem um exercício de carga progressiva numa bicicleta ergométrica a duas temperaturas ambientes diferentes (25°C e 40°C) e ao analisarem a

temperatura da pele em várias regiões de interesse, verificaram que ocorreu vasoconstricção cutânea durante todo o exercício que levou à diminuição da temperatura da pele, mas na fase de repouso iniciava-se um aumento da temperatura da pele durante 7 minutos que depois voltava a diminuir gradualmente. O método de avaliação da temperatura da pele utilizado neste estudo difere de todos os restantes uma vez que não foi utilizada a termografia mas sim termosensores.

Contudo, um estudo que avaliou a variação da temperatura da pele dos gastrocnémios durante um exercício de carga moderada e constante (que consistia em repetições cíclicas de levantar os calcanhares) durante dois minutos, verificou que ao longo do exercício a temperatura da pele apresenta uma diminuição inicial durante um breve período de tempo seguida de um aumento gradual que se manteve na fase de repouso, acabando por estabilizar (Formenti et al., 2013). Fernandes et al. (2014) desenvolveram um estudo em que avaliaram a variação da temperatura da pele em várias regiões de interesse em três fases diferentes (30 minutos antes, 60 minutos durante e 60 minutos após o exercício) de um exercício que consistia em 12 blocos de 5 minutos cada, com um intervalo de 1 minuto entre eles, a uma carga moderada constante (60% do $VO_{2máx}$). Nos seus resultados foi evidente que, durante o exercício, ocorre uma diminuição inicial da temperatura da pele, seguida de um aumento gradual que se mantém até à fase de repouso e que por fim tende a normalizar.

Resultados diferentes dos anteriormente expostos foram encontrados por Ferreira et al. (2008). Com a aplicação de um exercício de carga muito leve que consistia na realização de movimentos de flexão e extensão do joelho dominante com uma carga externa de 1 Kg durante 3 minutos, a temperatura da pele da região posterior da coxa (avaliada antes do exercício, imediatamente após e nos 10 minutos seguintes) aumentou com a realização do exercício e na fase de repouso diminuiu até à temperatura basal. Verificaram ainda que a temperatura da pele na região posterior da coxa do membro que não estava em teste diminuiu sempre quer com a realização do exercício quer na fase de repouso. Contudo as variações de temperatura encontradas foram muito reduzidas em comparação com outros estudos. Também Bertmaring, Babski-Reeves e Nussbaum (2008), defendem que a temperatura da pele aumenta durante o exercício devido aos resultados que encontraram ao analisar a temperatura da pele na região do deltóide anterior com a aplicação de quatro exercícios com dois ângulos diferentes de flexão do ombro (90° e 115°) e duas cargas leves diferentes (15% e 30% da MVC). Mesmo os resultados sendo semelhantes, os autores referem que a termografia revelou ser sensível às diferenças de posição do exercício.

Por sua vez, Camargo et al. (2012) que estudou o comportamento da temperatura da pele na região dos punhos, aplicou um exercício de carga leve com uma duração de 3 horas e 30 minutos que consistia em movimentos como alcançar, pegar, soltar, entre outros, visando a simulação dos gestos repetitivos realizados pelos operários da indústria têxtil. Os seus resultados demonstraram que a temperatura da pele aumentou durante as primeiras duas horas de exercício, diminuindo de seguida nas seguintes horas revelando uma tendência para estabilizar na parte final do exercício.

Anteriormente, em 1998, já Zontak, Sideman, Verbitsky e Beyar haviam descrito a variação da temperatura da pele na região dorsal das mãos em situação de repouso e durante a realização de dois tipos de exercício diferentes (carga constante em que utilizou uma carga moderada de 50% e uma severa de 70% do $VO_{2máx}$ durante sensivelmente 20 minutos e carga progressiva durante sensivelmente 12 minutos). Concluiu que no exercício de carga progressiva a temperatura da pele diminui ao longo de todo o exercício e que nos exercícios de carga constante, embora com cargas diferentes, a temperatura ao longo de todo o exercício começa por diminuir mas depois apresenta um aumento e tende a estabilizar. Verificou ainda que na situação de repouso a temperatura da pele estabiliza por volta dos 8 minutos, ou seja a aclimatização da região em estudo à temperatura ambiente deve ser sempre superior a esse valor.

Resumindo, os estudos que utilizaram exercícios de carga progressiva apresentam resultados semelhantes aos encontrados neste estudo, pois sugerem que a temperatura da pele diminui ao longo de todo o exercício, mas na fase de repouso verifica-se um aumento linear com tendência a normalizar. Isto verifica-se porque quando a carga é máxima ou aumenta progressivamente, existe um aumento constante da necessidade de aporte sanguíneo para as estruturas em atividade, logo ocorre uma migração do fluxo sanguíneo da periferia para o interior do corpo que justifica a diminuição da temperatura cutânea. Essa necessidade de aporte sanguíneo às estruturas em atividade parece sobrepor-se aos mecanismos de termorregulação ao longo de todos os exercícios de carga progressiva ou máxima (Smolander, Korali, Korhonen e Ilmarinen, 1987). Os estudos que utilizaram exercícios de carga constante moderada e severa indicam-nos que durante o exercício ocorre uma diminuição inicial breve da temperatura da pele, seguida de um aumento gradual que se mantém na fase de repouso e acaba por estabilizar. Esta variação de temperatura ainda durante o exercício deve-se à vasoconstrição cutânea inicial decorrente da necessidade de aporte sanguíneo aos músculos em atividade mas à medida que a temperatura interna do corpo aumenta, a necessidade de regular essa alteração sobrepõe-se à necessidade de aporte sanguíneo e ocorre a vasodilatação

cutânea (Zontak, Sideman, Verbitsky e Beyar, 1998). Por sua vez, os estudos que aplicaram exercícios de carga leve demonstram um ligeiro aumento de temperatura durante o exercício e na fase de repouso ocorre a normalização, ou seja diminuição, dessa temperatura. Este comportamento da temperatura da pele neste tipo de exercícios prende-se ao facto de a carga utilizada não ser suficiente para que seja necessário um aumento do aporte sanguíneo ao local de atividade que justifique uma diminuição da circulação cutânea, daí não se observar a diminuição inicial da temperatura da pele durante o exercício, mas o exercício produz calor suficiente para aumentar a temperatura interna do corpo desencadeando assim o processo de termorregulação que é responsável pelo aumento da temperatura da pele como forma de dissipação de calor.

No que diz respeito aos achados relativos à correlação forte entre os valores de temperatura da pele obtidos e o trabalho total realizado, que nos indica que a temperatura de pele atingida era superior quando o trabalho total realizado era superior, não foram encontrados estudos que comparassem estas duas variáveis. Contudo Chudecka e Lubkowska (2012), que avaliaram as alterações da temperatura num exercício de resistência durante uma sessão de 90 minutos, encontraram uma correlação significativa entre o consumo energético e a diminuição de temperatura dos membros superiores, sugerindo que a termografia pode ser utilizada como método adicional de medição do nível de aptidão física.

Apesar de os resultados encontrados estarem de acordo com a bibliografia existente, é de salientar que este estudo apresenta algumas limitações. Nomeadamente o número reduzido de participantes, dificuldades no posicionamento da câmara termográfica adaptada ao isocinético, dificuldades de garantir a performance máxima desejada durante todo o exercício e dificuldades na manutenção da temperatura do meio ambiente.

Conclusão

Com a realização deste estudo foi possível verificar que a temperatura da pele do gastrocnémio medial, num exercício isocinético de flexão plantar da tibiotársica, com indução de fadiga, diminui ao longo de todo o exercício e que na fase de repouso aumenta gradualmente até atingir o seu pico máximo 7 minutos após o fim do exercício, e apresentando uma tendência para diminuir a partir desse momento. Os achados deste estudo demonstraram ainda a existência de uma correlação forte entre o trabalho total realizado e as temperaturas da pele obtidas a partir dos 8 minutos de repouso, sugerindo que a avaliação termográfica pode ser utilizada como método de monitorização da performance muscular

durante o exercício. Contudo é necessária a realização de mais estudos, com boa base metodológica que confirmem ou refutem os resultados por nós obtidos.

Bibliografia

Ayres, B., White, J., Hedger, W. e Scurr, J. (2013) Female upper body and breast skin temperature and thermal comfort following exercise, *Ergonomics*, 56(7), 1194–1202.

Barker, L., Hughes, L. e Babski-Reeves, K. (2006) Efficacy of using thermography to assess shoulder loads during overhead intermittent work. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. SAGE Publications.

Bartuzi, P., Roman-Liu, D. e Wisniewski, T. (2012) The Influence of Fatigue on Muscle Temperature, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 18(2), 233-243.

Bertmaring, I., Babski-Reeves, K. e Nussbaum, M. (2008) Infrared imaging of the anterior deltoid during overhead static exertions, *Ergonomics*, 51(10), 1606-1619.

Camargo, C., Ordorica, J., De la Vega, E., Olguín, J., López, O. e López, J. (2012) Analysis of temperature on the surface of the wrist due to repetitive movements using sensory thermography, *IOS Press and the authors*, 41: 2569-2575.

Charkoudian, N. (2003) Skin Blood Flow in Adult Human Thermoregulation: How It Works, When It Does Not, and Why, *Mayo Clinic Proceedings*, 78: 603-612.

Chudecka, M. e Lubkowska, A. (2012) The use of thermal imaging to evaluate body temperature changes of athletes during training and a study on the impact of physiological and morphological factors on skin temperature. *Human Movement*, vol. 13(1), 33– 39.

Fernandes, A., Amorim, P., Brito, C., Moura, A., Moreira, D., Costa, C., Sillero-Quintana, M. e Marins, J. (2014) Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography, *Physiological Measurement*, 35: 189-203.

Ferreira, J., Mendonça, L., Nunes, L., Filho, A., Rebelatto, J. e Salvini, T. (2008) Exercise-Associated Thermographic Changes in Young and Elderly Subjects, *Annals of Biomedical Engineering*, 36(8), pp. 1420–1427.

Formenti, D., Ludwig, N., Gargano, M., Gondola, M., Dallerma, N., Caumo, A. e Albert, G. (2013) Thermal Imaging of Exercise-Associated Skin Temperature Changes in Trained and Untrained Female Subjects, *Annals of Biomedical Engineering*, 41(4), pp. 863–871.

Granacher, U., Gruber, M., Forderer, D., Strass, D. e Gollhofer, A. (2010) Effects of ankle fatigue on functional reflex activity during gait perturbations in young and elderly men, *Gait & Posture*, 32, 107-112.

Hassanlouei, H., Arendt-Nielsen, L., Kersting, U. e Falla, D. (2012) Effect of exercise-induced fatigue on postural control of the knee, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22, 342-347.

Merla, A., Mattei, P., Donato, L. e Romani, G. (2010) Thermal Imaging of Cutaneous Temperature Modifications in Runners During Graded Exercise, *Annals of Biomedical Engineering*, 38(1), pp. 158–163.

Merla, A. e Romani, G. (2005) Biomedical Applications of Functional Infrared Imaging, *Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*

Miller, R. (2006) Fatigue and therapeutic exercise, *Journal of the Neurological Sciences*, 242, 37-41.

Norton, K. e Olds, T. (1996). *International Standards for Anthropometric Assessment*, International Society for the Advancement of Kinanthropometry.

Seixas, A., Vardasca, R., Gabriel, J. e Vilas-Boas, J. (2014) Recent application of infrared thermography in work-related musculoskeletal disorders. *In: Arezes, P., Baptista, J., Barroso, M., Carneiro, P., Cordeiro, P., Costa, N., Melo, R., Miguel, A. e Perestrelo, G. (eds.) Occupational Safety and Hygiene II*. CRC Press

Smolander, J., Korali, P., Korhonen, O. e Ilmarinen, R. (1987) Skin blood flow during incremental exercise in a thermoneutral and a hot dry environment, *European Journal of Applied Physiology*, 56:273-280.

Zontak, A., Sideman, S., Verbitsky, O. e Beyar, R. (1998) Dynamic Thermography: Analysis of Hand Temperature During Exercise, *Annals of Biomedical Engineering*, 26, pp. 988-993.

Zwarts, M., Bleijenberg, G. e van Engelen, B. (2008) Clinical neurophysiology of fatigue, *Clinical Neurophysiology*, 119, 2-10.