ALISSON GOMES DA SILVA

RESPOSTA TERMOGRÁFICA DA PELE EM EXERCÍCIOS REALIZADOS COM DIFERENTES SEGMENTOS CORPORAIS EM REMOERGÔMETRO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do Título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

ALISSON GOMES DA SILVA

RESPOSTA TERMOGRÁFICA DA PELE EM EXERCÍCIOS REALIZADOS COM DIFERENTES SEGMENTOS CORPORAIS EM REMOERGÔMETRO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção de Título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 08 de julho de 2015.

Manuel Sillero-Quintana

Maicon Rodrigues Albuquerque
(Coorientador)

João Carlos Bouzas Marins
(Orientador)

A Deus, aos meus pais Ana Maria Gomes da Silva e Dercy Maia Silva.

Ao meu orientador João Carlos Bouzas Marins.

A minha noiva Fernanda e a todos os amigos que me apoiaram.

O homem é do tamanho do seu sonho.

Fernando Pessoa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as bênçãos alcançadas e por me dar força e saúde para enfrentar os desafios da vida. Aos meus pais, Ana e Dercy, por me apoiarem em todas as minhas escolhas e por me proporcionarem uma base familiar sólida e repleta de amor e carinho. Aos meus irmãos, Danilo e André, que nunca mediram esforços para me ajudar, e a minha noiva Fernanda Silva, pelo apoio incondicional, compreensão e paciência nos meus diversos momentos de ausência durante o curso.

Aos meus companheiros da Educação Física da Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR), por apoiarem minha liberação para o Mestrado, bem como a EPCAR, por ter me concedido o afastamento. Ao Sub Oficial Luciano, que se colocou a disposição para treinar a equipe de futebol da EPCAR na minha ausência. Aos amigos Vinícius Dias e Fabrícia Ferreira, exemplos de profissionais e grandes conselheiros e incentivadores.

Ao Alex Fernandes, por ter me proporcionado um contato inicial com a termografia e pelas sugestões e esclarecimentos. Ao Samuel, pela grande parceria nos trabalhos. Ao Guilherme Stroppa, exemplo de força de vontade e dedicação, pelo fundamental apoio na coleta e tabulação dos dados. A Priscila Niquini, Gabriel, Liana, Duílio, Mário, Renata, Rômulo, Vilela, Jaíza, Áurea e demais colegas de curso e de LAPEH, pelos ricos momentos de troca de conhecimento, de cooperação e risadas.

Ao meu coorientador Prof. Maicon Rodrigues, por prezar e contribuir com a qualidade deste trabalho e pelo empenho e paciência em seus ensinamentos. A todos os professores do Mestrado e aos voluntários desta pesquisa.

Ao meu orientador João Carlos Bouzas Marins, pela oportunidade e confiança. Obrigado pela paciência e dedicação na orientação deste trabalho. Sinto-me honrado por ter sido seu orientado.

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas vii
Lista de figuras viii
Lista de tabelas xi

Resumo xiii
Abstract xvi

1. INTRODUÇÃO GERAL 1
1.1. Objetivos 3
1.2. Referências 4

2. Artigo 1 - Influência da resolução da câmera sobre os resultados da termografia esportiva 6
2.1. Resumo 6
2.2. Abstract 7
2.3. Introdução 8
2.4. Materiais e Métodos 10
2.5. Resultados 14
2.6. Discussão 16
2.7. Conclusão 19
2.8. Referências 19

3. Artigo 2 – Resposta térmica da pele ao exercício intenso em remoergômetro realizado com diferentes segmentos corporais. 24
3.1. Resumo 24
3.2. Abstract 25
3.3. Introdução 26
3.4. Materiais e Métodos 28
3.5. Resultados 36
3.6. Discussão 43
3.7. Conclusão 49
3.8. Referências 50

4. Artigo 3 – Resposta térmica da pele ao exercício em remoergômetro de alta *versus* moderada intensidade em homens fisicamente ativos. 56
4.1. Resumo 56
4.2. Abstract 57
4.3. Introdução 58
4.4. Materiais e métodos 60
4.5. Resultados 68
4.6. Discussão 82
4.7. Conclusão 88
4.8. Referências 89

5. CONCLUSÕES GERAIS 95

Anexos 97
Questionário de prontidão de atividade física 97
Anamnese sobre histórico atual 98
Antecedentes mórbidos 100
Anamnese sobre atividade física 101
Histórico médico familiar 102
Ficha de produtividade 103

LISTA DE ABREVIATURAS

RCI: Região corporal de interesse.

T_P: Temperatura da pele.

T_{2000m}: Teste de 2000 metros.

MS: Membros superiores.

MI: Membros inferiores.

MIS: Membros inferiores e superiores.

T_{MS}: Teste de membros superiores.

T_{MI}: Teste de membros inferiores.

DC: Débito cardíaco.

PARq: Questionário de prontidão de atividade física.

FC: Frequência cardíaca.

FCM: Frequência cardíaca máxima

VO_2: Consumo de oxigênio.

IPE: Índice de percepção de esforço.

DU: Densidade da urina.

MC: Massa corporal.

ST: Sensação térmica.

CT: Conforto térmico.

DP: Desvio padrão

QR: Quociente respiratório.

FC res: Frequência cardíaca de reserva.

UR: Umidade relativa

LISTA DE FIGURAS

Artigo 01 06

Figura 1. Delimitação das regiões corporais de interesse em cada uma das câmeras 12

Artigo 02 24

Figura 1. Exercício completo realizado com MIS. A: posição inicial; B: posição final 30

Figura 2. Exercício realizado com MI. A: posição inicial; B: posição final 31

Figura 3. Exercício realizado com MS. A: posição inicial; B: posição final 31

Figura 4. Esquema do procedimento experimental nos testes. DU: densidade da urina; MC: massa corporal; VO_2 pico: consumo de oxigênio de pico; FC pico: frequência cardíaca de pico; IPE: índice de percepção de esforço 33

Figura 5. Demarcação (sem adesivos) das RCI na visão anterior (a) e posterior (b) do tronco e anterior dos membros inferiores (c) 35

Figura 6. Resposta da T_P do peitoral aos protocolos de exercício realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro 38

Figura 7. Resposta da T_P da RCI dorsal superior aos protocolos de exercício realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro 39

Figura 8. Resposta da T_P do quadríceps aos protocolos de exercício realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro 40

Figura 9. Resposta da T_P do bíceps braquial aos protocolos de exercício realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro 41

Figura 10. Resposta da T_P do antebraço (anterior) aos protocolos de exercício realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro 42

Artigo 03 56

Figura 1. Execução do exercício em remoergômetro: a) posição inicial; b) extensão dos joelhos; c) flexão dos cotovelos..... 63

Figura 2. Esquema do procedimento experimental nos testes. DU: densidade da urina; MC: massa corporal; VO_2 pico: consumo de oxigênio de pico; FC pico: frequência cardíaca de pico; IPE: índice de percepção de esforço 64

Figura 3. Esquema do procedimento experimental na sessão de exercício aeróbico. DU: densidade da urina; MC: massa corporal; VO_2 pico: consumo de oxigênio de pico; FC pico: frequência cardíaca de pico; IPE: índice de percepção de esforço; FC res: frequência cardíaca de reserva; VO_2 de reserva 65

Figura 4. Demarcação das RCI estudadas na visão anterior (a) e posterior (b) 67

Figura 5. Termogramas do tronco (anterior) de um participante em repouso (a), exatamente após o T_{2000m} (b) e exatamente após 45 minutos de exercício aeróbico moderado (c)
..... 70

Figura 6. Termogramas dos membros inferiores (anterior) de um participante em repouso (a), exatamente após o T_{2000m} (b) e exatamente após 45 minutos de exercício aeróbico moderado (c)..... 70

Figura 7. Resposta da T_P do peitoral aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro 71

Figura 8. Resposta da T_P do abdômen aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro 72

Figura 9. Resposta da T_P da RCI dorsal superior aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro..... 73

Figura 10. Resposta da T_P da lombar aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro 74

Figura 11. Resposta da T_P do bíceps braquial aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro 75

Figura 12. Resposta da T_P do antebraço (anterior) aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro 76

Figura 13. Resposta da T_P do quadríceps aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro 77

Figura 14. Resposta da T_P dos isquiotibiais aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro 78

Figura 15. Resposta da T_P das panturrilhas aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro 79

LISTA DE TABELAS

Artigo 01 06

Tabela 1. Pontos de referência anatômicos na posição anterior do corpo 11

Tabela 2. Comparação dos valores de temperatura máxima entre as 2 câmeras nas RCI analisadas 14

Tabela 3. Comparação dos valores de temperatura média entre as 2 câmeras nas RCI analisadas 15

Tabela 4. Viés médio e Intervalo de Confiança da análise de concordância entre as 2 câmeras 15

Tabela 5. Comparação da diferença térmica das panturrilhas entre as 2 câmeras 16

Tabela 6. Viés médio e Intervalo de Confiança da análise de concordância entre as 2 câmeras em relação à diferença térmica das panturrilhas 16

Artigo 02 24

Tabela 1. Ordem de realização dos protocolos de teste 32

Tabela 2. Pontos anatômicos na porção anterior do corpo 35

Tabela 3. Parâmetros basais pré-exercício e percepção subjetiva do ambiente em cada uma das três condições de testagem..... 37

Tabela 4. Desempenho e parâmetros fisiológicos obtidos nos protocolos de teste em remoergômetro 37

Tabela 5. Resumo dos resultados obtidos com relação ao efeito tempo, interação momento teste, T_P no repouso e restabelecimento térmico 43

Artigo 03 56

Tabela 1. Pontos anatômicos na porção anterior do corpo 67

Tabela 2. Parâmetros basais pré-exercício em cada uma das condições de testagem 69

Tabela 3. Lactato, índice de percepção subjetiva de esforço e perda hídrica após cada protocolo de exercício 69

Tabela 4. Diferença térmica registrada em cada momento entre os exercícios intenso e moderado nas RCI analisadas 80

Tabela 5. Tabela indicativa de restabelecimento térmico à condição de repouso durante a recuperação dos exercícios intenso e moderado nas RCI analisadas 81

RESUMO

SILVA, Alisson Gomes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Resposta termográfica da pele em exercícios realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro**. Orientador: João Carlos Bouzas Marins. Coorientador: Maicon Rodrigues Albuquerque.

Esta dissertação foi proposta com o objetivo de analisar a resposta da temperatura da pele (T_P) em diferentes tipos de exercício realizados em remoergômetro, além de comparar os valores de T_P obtidos por duas câmeras térmicas com diferente resolução. Para tal foram desenvolvidos três estudos. No primeiro estudo o objetivo foi comparar valores de T_P de termogramas obtidos por duas câmeras com diferente resolução, além de verificar se as possíveis diferenças entre os instrumentos interferem na avaliação da simetria térmica das panturrilhas. Foram obtidos simultaneamente dois termogramas do corpo todo (anterior e posterior) com duas câmeras, sendo uma com resolução de 160 x 120 pixels (FLUKE) e a outra de 320 x 240 pixels (FLIR). Foram registrados os valores de T_P máxima e média do abdômen, bíceps braquial, quadríceps, lombar, tríceps braquial e panturrilhas. Como resultado, a câmera de maior resolução apresentou maiores valores de T_P em todas as comparações, sendo que em sete ocasiões as diferenças foram significativas. O viés médio variou de 0,22 °C a 0,64 °C. Não foi verificada diferença significativa entre as câmeras na comparação da diferença térmica bilateral, e o viés médio foi de 0,04 °C. Como conclusão, termogramas obtidos por câmeras termográficas de diferentes resoluções podem apresentar divergência nos valores de temperatura; porém, as diferenças não refletem em prejuízo na avaliação da simetria térmica bilateral das panturrilhas. No segundo estudo o objetivo foi analisar a resposta da T_P antes, imediatamente após e durante o período de recuperação de três protocolos de exercício intenso realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro. Os participantes foram submetidos a um teste máximo com distância de 2000 m (T_{2000m}) realizado com movimentação simultânea de membros superiores (MS) e inferiores (MI), seguido de testes realizados apenas com membros superiores (T_{MS}) ou inferiores (T_{MI}), todos com a mesma duração determinada pelo tempo obtido no T_{2000m}. Foram obtidos termogramas do peitoral, dorsal superior, bíceps braquial, antebraço e quadríceps antes, exatamente após os testes e com 10, 20 e 30 minutos de

recuperação (REC-10min, REC-20min, REC-30min). Não foi encontrada diferença significativa na T_P em repouso quando cada RCI foi comparada entre si ($p>0,05$). Ao longo dos momentos foram observadas mudanças na T_P em todas as RCI ($p<0,001$). As variações no peitoral foram equivalentes entre os três tipos de exercício (sem interação significativa, $p=0,29$), enquanto as demais áreas apresentaram respostas térmicas de diferente magnitude (interação significativa, $p<0,001$). A T_P do peitoral reduziu após o exercício ($p<0,05$) e aumentou durante a recuperação ($p<0,05$ comparando com o momento pós-teste), sem retornar ao valor de repouso ($p>0,05$). A T_P na região dorsal superior reduziu após os testes ($p<0,05$) e retornou ao repouso ($p>0,05$) no T_{MS} (REC-10min) e no T_{2000m} (REC-30min). No quadríceps foi observada uma redução após os três testes ($p<0,05$), contudo a T_P retornou ao valor de repouso ($p>0,05$) no T_{2000m} e T_{MI} (REC-10min), enquanto no T_{MS} a T_P se manteve abaixo do baseline ($p<0,05$). No bíceps braquial e antebraço foi observado aumento na T_P ($p<0,05$) mais pronunciado no T_{MS} em relação ao T_{2000m}, enquanto no T_{MI} a T_P no bíceps braquial permaneceu abaixo do repouso ($p<0,05$) e se restabeleceu no antebraço ($p>0,05$) com REC-10min. Como conclusão, o exercício intenso em remoergômetro realizado com diferentes segmentos corporais proporciona uma resposta térmica da pele específica e de diferente magnitude nas regiões corporais avaliadas. A forma de movimentação corporal interfere no padrão de respostas da T_P quando a solicitação do quadríceps, dorsal superior e braço é alterada com as variações de exercício. No terceiro estudo o objetivo foi comparar a resposta da T_P antes, imediatamente após e no período de recuperação de dois tipos de exercício, sendo um de curta duração e alta intensidade frente a outro de longa duração e moderada intensidade. Os participantes foram submetidos ao T_{2000m} e a um protocolo de exercício moderado de carga constante. Foram obtidos termogramas do peitoral, abdômen, dorsal superior, lombar, bíceps braquial, antebraço, quadríceps, isquiotibiais e panturrilhas antes, exatamente após os protocolos e com REC-10min, REC-20min, REC-30min. Não foi encontrada diferença significativa na T_P em repouso quando cada RCI foi comparada entre si ($p>0,05$), exceto no peitoral e dorsal superior ($p<0,05$). Ao longo dos momentos foram observadas alterações térmicas em todas as RCI nos dois protocolos de exercício ($p<0,001$). As variações no peitoral, dorsal superior e abdômen não foram equivalentes entre os exercícios (interação significativa, $p<0,05$), enquanto as demais RCI apresentaram respostas térmicas equivalentes entre os protocolos (sem interação significativa, $p>0,05$).

Exatamente após os dois exercícios a T_P reduziu em todas as RCI do tronco e membros inferiores, enquanto nos membros superiores a T_P se manteve estável em relação ao repouso. Durante os 30 minutos de recuperação a T_P retornou ao valor de repouso no quadríceps, isquiotibiais, dorsal superior e abdômen nos dois exercícios. Nas panturrilhas e lombar a T_P permaneceu abaixo do valor de repouso enquanto nos membros superiores os valores elevaram acima do repouso durante a recuperação. O peitoral apresentou um restabelecimento térmico apenas no exercício moderado, enquanto no exercício intenso a T_P permaneceu abaixo do valor de repouso. Em conclusão, o exercício intenso de curta duração e moderado prolongado em remoergômetro proporcionam respostas térmicas diferenciadas ao longo do tempo nas RCI do peitoral, dorsal superior e abdômen. Nas RCI do tronco e membros superiores as respostas térmicas são equivalentes entre os exercícios.

ABSTRACT

SILVA, Alisson Gomes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2015. **Skin thermographic response in exercises performed with different body segments on rowing ergometer**. Adviser: João Carlos Bouzas Marins. Co-adviser: Maicon Rodrigues Albuquerque.

The aim of this work was to analyze the skin thermal (T_{SK}) response in different type of exercises performed on rowing ergometer, in addition to compare the values of T_{SK} obtained by two thermal cameras of different resolution. In order to do this, three studies were developed. In the first study the aim was to compare T_{sk} values of thermograms obtained by two thermographic cameras with different resolutions, in addition to verify if the possible differences between the cameras interfere in the evaluation of thermal symmetry of the calves. Two whole body thermograms were taken simultaneously (anterior and posterior) with two cameras, being one FLUKE 160 x 120 pixels and the other FLIR 320 x 240 pixels. The maximal and mean T_{Sk} values of abdomen, biceps brachial, quadriceps, lower back, triceps brachial and calves were recorded. As results the higher resolution camera showed higher T_{Sk} values in all comparisons, so that in seven of twelve cases were found significant differences. The mean bias ranged from 0.22 °C to 0.64 °C. Significant difference was not found between the cameras in the comparison of bilateral thermal difference, and the mean bias was 0.04 °C. In conclusion, thermograms obtained by cameras with different resolutions may present divergence in the temperature values, however these differences do not reflect impairment in evaluation of bilateral thermal symmetry of the calves. In the second study the aim was to analyze the T_{SK} response before, immediately after and during the recovery period of three intense exercise protocols performed with different body segments in rowing ergometer. The participants underwent to a maximal test over 2000 m distance (T_{2000m}) performed using simultaneously upper (UL) and lower limbs (LL), followed by testes performed only with upper (T_{UL}) or lower limbs (T_{LL}), all with the same duration determined by time obtained in the T_{2000m}. Thermograms of chest, upper back, biceps brachial, forearm and quadriceps were taken before, immediately after tests and within 10, 20 and 30 minutes of recovery period (REC-10min, REC-20min, REC-30min). Significant differences were not found in the rest T_{Sk} when each body region was compared

between itself ($p>0.05$). Changes in T_{Sk} over time were observed in all ROI ($p<0.001$). The changes in the chest T_{Sk} were equivalent across the 3 exercises, (no significant interaction, $p=0.29$), while the other areas presented thermal responses with different magnitude (significant interaction, $p<0.001$). The T_{Sk} on chest decreased after exercise ($p<0.05$) and increased during the recovery period ($p<0.05$ comparing with the moment after test), but did not return to the rest values ($p>0.05$). The T_{Sk} on upper back presented thermal reduction after all tests ($p<0.05$) and returned to the baseline ($p>0.05$) in T_{UL} (REC-10min) and in T_{2000m} (REC-30min). On the quadriceps a reduction after the tests was observed ($p<0.05$), however the T_{Sk} returned to the baseline ($p>0.05$) in T_{2000m} and T_{LL} (REC-10min), while in T_{UL} the T_{Sk} remained lower from the baseline ($p<0.05$). On the biceps brachial and forearm was observed an increase in the T_{Sk} ($p<0.05$) more pronounced in T_{UL} than T_{2000m}, while in the T_{LL} the biceps brachial T_{Sk} remained lower from the baseline ($p<0.05$) and returned to the baseline ($p>0.05$) on forearm (REC-10min). In conclusion, the intense exercise in rowing ergometer performed with different body segments provides a specific skin thermal response with different magnitude in the body regions evaluated. The mode of body movement interferes on T_{Sk} responses when the solicitation of quadriceps, upper back and arms is altered with the exercise variations. In the third study the aim was to compare the T_{Sk} response before, immediately after and during the recovery period of two types of exercise, being one of short duration and high intensity and the other of long duration and moderate intensity. The participants underwent to the T_{2000m} and to a moderate exercise protocol of constant load. Thermograms of chest, abdomen, upper back, lower back, biceps brachial, forearm, quadriceps, hamstring and calf were taken before, immediately after tests and within REC-10min, REC-20min, REC-30min. Significant difference was not found in the rest T_{Sk} when each body region was compared between itself ($p>0.05$), except in the chest and upper back ($p>0.05$). Changes in T_{Sk} over time were observed in all ROI in the two exercise protocols ($p<0.001$). The changes in the chest, abdomen and upper back were not equivalent between the exercises (significant interaction, $p<0.05$), while the others ROI presented equivalent thermal responses between the protocols (no significant interaction, $p>0.05$). Immediately after the two exercises the T_{Sk} decreased on all ROI of the trunk and lower limbs, while the T_{Sk} on upper limbs did not change in relation to the baseline. During 30 minutes of recovery the T_{Sk} on quadriceps, hamstring, upper back and

abdomen returned to the baseline in the two exercise protocols. The T_{Sk} on calves and low back remained lower than the baseline, while the T_{Sk} values on upper limbs increased above baseline during the recovery. The chest presented a thermal restoration only in the moderate exercise, while in the intense exercise the T_{Sk} remained lower than the baseline. In conclusion, the intense exercise of short duration and moderate prolonged in rowing ergometer provided different thermal responses over time on ROI of chest, abdomen and upper back. On ROI of trunk and upper limbs the thermal responses are equivalent between the exercises.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A termografia infravermelha é uma técnica que nos permite visualizar o calor irradiado da superfície corporal e mensurar a temperatura da pele (T_P) de modo não invasivo, sem contato físico ou risco para o avaliado [4,12,20]. Esta tecnologia tem sido amplamente utilizada na medicina como diagnóstico de doenças em função da relação existente entre a temperatura corporal e diversas condições patológicas onde há a presença de processos inflamatórios ou degenerativos, bem como com alterações anormais na circulação periférica [13,18].

Tanto no exercício físico como no esporte a aplicação da termografia é bastante promissora, sendo que o avanço tecnológico nas câmeras infravermelhas tem estimulado uma crescente investigação científica neste campo [10]. O monitoramento termográfico proporciona uma avaliação qualitativa e quantitativa das mudanças na T_P induzidas pelo exercício, fornecendo informações interessantes sobre a eficiência do sistema termorregulatório humano [8,11] e de alterações metabólicas relacionadas com a recuperação da homeostase após o exercício [5].

Com isso, alguns trabalhos foram desenvolvidos na tentativa de se estabelecer uma relação entre resposta da T_P ao exercício e aptidão física. Chudeka et al. [5,6] encontraram uma associação entre a redução na T_P após o exercício mensurada por termografia e o consumo máximo de oxigênio, argumentando que indivíduos com melhor aptidão aeróbica possuem uma melhor capacidade de dissipação de calor da superfície corporal para o ambiente e, consequentemente, apresentam uma maior redução na T_P após o exercício. Em contrapartida, outros autores reportaram que o aumento na T_P durante o exercício pode ser um fator limitante do desempenho no exercício aeróbico e prejudicial à dissipação de calor [7,19].

Avaliações termográficas também podem ser utilizadas na prevenção e monitoramento de lesões por meio da avaliação do equilíbrio térmico em regiões corporais contralaterais, partindo do pressuposto de que estas regiões devem apresentar simetria térmica em condições normais [11,14,16]. Outros autores apontaram a termografia como um método eficiente para estimar a efetividade da recuperação muscular pós-esforço, já que o processo inflamatório gerado por

microlesões induzidas pelo exercício pode aumentar a produção de calor local e a T_P sobre os músculos exercitados [1-3].

Apesar dos resultados já demonstrados, ainda há diversas possibilidades de questões a serem estudadas. Uma delas diz respeito à comparação entre diferentes câmeras termográficas. Tem sido proposto que a resolução mínima de uma câmera para avaliar a pele humana é de 320 x 240 pixels [4,17]. Contudo, há muitas opções de equipamentos disponíveis com diferentes resoluções. Não se sabe se termogramas obtidos simultaneamente por duas câmeras de diferente resolução apresentam divergência nos valores de T_P verificados, já que, pelo nosso conhecimento, apenas um estudo [15] comparou termogramas obtidos por diferentes câmeras em seres humanos, reportando diferenças entre os equipamentos. Este tipo de estudo nos permite analisar o impacto que as possíveis diferenças entre as câmeras exercem sobre a avaliação da T_P na termografia desportiva e pode oferecer suporte aos avaliadores na escolha do equipamento adequado para sua prática profissional.

Os trabalhos sobre a resposta termográfica da pele ao exercício ainda são poucos e limitados à análise principalmente de exercícios de membros inferiores realizados em esteira ou cicloergômetro e que avaliaram poucas regiões corporais [9]. Portanto, há uma necessidade de ampliar nosso conhecimento sobre o efeito de diferentes tipos de exercício na T_P sobre grupos musculares ativos e inativos, bem como determinar qual é o efeito da intensidade e duração sobre a T_P após o exercício e no seu período de recuperação.

Investigar estas questões pode contribuir com a identificação da carga imposta pelo exercício no sistema musculoesquelético, com informações sobre a eficiência do sistema de remoção de calor endógeno e sobre mudanças metabólicas relacionadas ao retorno da homeostase térmica na recuperação do exercício. Estas informações podem ajudar a consolidar a aplicabilidade da termografia na área do exercício e esporte, bem como compreender como ocorre a dinâmica de ajustes termorregulativos relacionados à T_P em situação de exercício e durante um breve período de recuperação.

1.1. Objetivos

O objetivo geral desta dissertação foi analisar a resposta da T_P em diferentes tipos de exercício realizados em remoergômetro, bem como comparar os valores de T_P registrados por câmeras termográficas de diferente resolução. Para tal, foram estabelecidos três objetivos específicos, abordados nos artigos que compõem este trabalho.

Artigo 1

Comparar valores de T_P de imagens termográficas obtidas por duas câmeras com diferentes resoluções, além de verificar se as possíveis diferenças podem interferir na avaliação da simetria térmica bilateral das panturrilhas obtida por cada uma das câmeras.

Artigo 2

Analisar a resposta da T_P antes, exatamente após e no período de recuperação de três protocolos de exercício intenso realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro, além de verificar se as alterações da T_P ao longo dos momentos são equivalentes entre os exercícios.

Artigo 3

Analisar e comparar a resposta da T_P antes, imediatamente depois e durante o período de recuperação de dois tipos de exercício em remoergômetro, sendo um de curta duração e alta intensidade frente a outro de longa duração e moderada intensidade.

1.2. Referências

1. Al-Nakhli HH, Petrofsky JS, Laymon MS, Berk LS. The use of thermal infrared imaging to detect delayed onset muscle soreness. J Vis Exp 2012; 59: e3551
2. Bandeira F, Moura MAM, Souza MA, Nohama P, Neves EB. Can thermography aid in the diagnosis of muscles injury in soccer athletes? Rev Bras Med Esporte 2012; 18: 246-251
3. Bandeira F, Neves EB, Moura MAM, Nohama P. The thermography in support for diagnosis of muscle injury in sport. Rev Bras Med Esporte 2014; 20: 59-64
4. Brioschi ML, Macedo JF, Macedo RdAC. Termometria cutânea: novos conceitos. J Vasc Bras 2003; 2: 151-160
5. Chudecka M, Lubkowska A. Temperature changes of selected body's surfaces of handball players in the course of training estimated by thermovision, and the study of the impact of physiological and morphological factors on the skin temperature. Therm Biol 2010; 35: 379-385
6. Chudecka M, Lubkowska A. 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. Hum Mov 2012; 13: 33-39
7. Cuddy JS, Hailes WS, Ruby BC. A reduced core to skin temperature gradient, not a critical core temperature, affects aerobic capacity in the heat. J Therm Biol 2014; 43: 7-12
8. Fernandes AA, Amorim PR, Brito CJ, de Moura AG, Moreira DG, Costa CM, Sillero-Quintana M, Marins JC. Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. Physiol Meas 2014; 35: 189-203
9. Fernandes AA, Amorim PRS, Prímola-Gomes TN, Sillero-Quintana M, Fernández Cuevas I, Silva RG, Pereira JC, Marins JCB. Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: uma revisão sistemática. Rev Andal Med Deporte 2012; 5: 113-117
10. Fernández-Cuevas I, Bouzas Marins JC, Arnáiz Lastras J, Gómez Carmona PM, Piñonosa Cano S, García-Concepción MÁ, Sillero-Quintana M. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. Infrared Phys Technol 2015; 71: 28-55
11. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. Sensors 2010; 10: 4700-4715
12. Jiang LJ, Ng EY, Yeo AC, Wu S, Pan F, Yau WY, Chen JH, Yang Y. A perspective on medical infrared imaging. J Med Eng Technol 2005; 29: 257-267
13. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. Infrared Phys Technol 2012; 55: 221-235

14. Marins JCB, Fernandes A A, Moreira DG, Silva FS, Costa CMA, Pimenta EM, Sillero-Quintana M. Thermographic profile of soccer players' lower limbs. Rev Andal Med Deporte 2014; 7: 1-6

15. Nguyen AV, Cohen NJ, Lipman H, Brown CM, Molinari NA, Jackson WL, Kirking H, Szymanowski P, Wilson TW, Salhi BA, Roberts RR, Stryker DW, Fishbein DB. Comparison of 3 infrared thermal detection systems and self-report for mass fever screening. Emerg Infect Dis 2010; 16: 1710-1717

16. Piñonosa S, Sillero-Quintana M, Milanovi L, Coterón J, Sampedro J. Thermal evolution of lower limbs during a rehabilitation process after anterior cruciate ligament surgery. Kinesiology 2013; 45: 121-129

17. Ring EFJ, Ammer K. The technique of infra red imaging in medicine. Thermol Int 2000; 10: 7-14

18. Ring EFJ, Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine. Physiol Meas 2012; 33: 33-46

19. Sawka MN, Cheuvront SN, Kenefick RW. High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. Exp Physiol 2012; 97: 327-332

20. Vargas JVC, Brioschi ML, Dias FG, Parolin MB, Mulinari-Brenner FA, Ordonez JC, Colman D. Normalized methodology for medical infrared imaging. Infrared Phys Technol 2009; 52: 42-47

2. Artigo 1 - Influência da resolução da câmera sobre os resultados da termografia esportiva

2.1. Resumo

Objetivo: O objetivo deste estudo foi comparar valores de temperatura da pele de termogramas obtidos por duas câmeras com diferentes resoluções, além de comparar a diferença térmica bilateral das panturrilhas obtida por cada uma das câmeras.

Método: Participaram do estudo 32 voluntários. As resoluções das câmeras utilizadas foram 160 x 120 pixels (FLUKE) e 320 x 240 pixels (FLIR). Foram obtidos simultaneamente dois termogramas do corpo todo (anterior e posterior) por câmera. Os termogramas foram analisados com os softwares FLUKE *Smartview* 3.1 e FLIR *Tools*. Foram registrados os valores de temperatura máxima e média de seis regiões corporais de interesse. Foi utilizado o teste de Mann-Whitney para comparar os valores de temperatura entre as câmeras, além da análise de concordância entre métodos de Bland-Altman. O nível de significância adotado foi de $p<0,05$.

Resultados: A câmera de maior resolução apresentou maiores valores de temperatura em todas as comparações, sendo que em sete ocasiões as diferenças foram significativas. O viés médio variou de 0,22 °C a 0,64 °C. Não foi verificada diferença significativa entre as câmeras na comparação da diferença térmica bilateral, e o viés médio foi de 0,04 °C.

Conclusão: Termogramas obtidos por câmeras termográficas de diferentes resoluções podem apresentar divergência nos valores de temperatura; porém, as diferenças não refletem em prejuízo na avaliação da simetria térmica bilateral das panturrilhas.

Palavras-chave: imagens termográficas, câmeras termográficas, temperatura da pele.

2.2. Abstract

TITLE: Influence of camera resolution on sport infrared thermography results

Aim: The objectives of this study were to compare the skin temperature (T_{sk}) values of thermograms obtained by 2 thermographic cameras with different resolutions, in addition to compare the bilateral thermal difference of calves between the cameras.

Methodology: 32 volunteers participated of this study. The resolutions of the cameras used were a FLUKE 160 x 120 pixels and FLIR 320 x 240 pixels. Two whole body thermograms were taken simultaneously (anterior and posterior) by camera. The thermograms were analyzed with the freeware softwares FLUKE Smartview 3.1 and FLIR Tools. The maximal and mean temperature values of six regions of interest were recorded. The Mann-Whitney test was used to compare the temperature values between the cameras, and addition to the Bland-Altman analysis of agreement between methods. The level of significance was set at $p<0.05$.

Results: The higher resolution camera showed higher temperature values in all comparisons, so that in 7 of 12 cases were found significant differences. The mean bias ranged from 0.22 °C to 0.64 °C. Significant difference was not found between the cameras in the comparison of bilateral thermal difference, and the mean bias was 0.04 °C.

Conclusion: Thermograms obtained by cameras with different resolutions may present divergence in the temperature values, however these differences do not reflect impairment in evaluation of bilateral thermal symmetry of calves.

Keywords: thermograms, thermal cameras, skin temperature.

2.3. Introdução

Imagem termográfica (termograma) é considerada uma técnica para medição de temperatura baseada na radiação infravermelha de objetivos [4]. Em seres humanos, essa técnica permite obter um mapa instantâneo de temperatura de várias regiões corporais de interesse (RCI) [31] de forma não invasiva, livre de contato físico e sem qualquer efeito nocivo ao avaliado [29].

Termogramas têm sido utilizados na área médica para estudar diversas doenças em que a temperatura da pele (T_P) pode refletir a presença de inflamação em tecidos subjacentes, ou em casos de alteração de fluxo sanguíneo devido a anormalidades clínicas [29,43], como no diabetes tipo II [47], em doenças circulatórias [24], ou câncer [28].

Além disso, o emprego de imagens termográficas tem se destacado na área do exercício físico e esporte, já que mudanças na T_P podem fornecer informações interessantes sobre a eficiência do sistema termorregulatório durante o exercício [18,23] e de alterações metabólicas relacionadas com a recuperação da homeostase após o exercício [12]. Nesse contexto, termogramas tem sido objeto de estudo na área de aptidão física e desempenho [1,2,12,13,36], no auxílio da quantificação da carga de treinamento [14,19] e, especialmente, na prevenção e/ou monitoramento de lesões [23,41,44], por meio da avaliação da diferença térmica em regiões corporais contralaterais, partindo do pressuposto de que estas regiões devem apresentar simetria térmica em condições normais [11].

O progresso considerável ocorrido no desempenho de câmeras termográficas e na padronização da técnica e protocolos clínicos tem permitido a obtenção de imagens térmicas de maior qualidade [43]. Um desses avanços tecnológicos foi o desenvolvimento de câmeras com alta resolução. Atualmente, há equipamentos disponíveis com várias resoluções como de 160 x 120 pixels, 240 x 180 pixels, 640 x 480 pixels, sendo 320 x 240 pixels a mínima recomendada para avaliar o perfil da pele humana [42].

Tendo em vista que cada pixel do termograma representa um dado de temperatura, é possível que termogramas obtidos simultaneamente por duas câmeras de diferente resolução apresentem divergência nos valores de T_P mensurados, o que

poderia comprometer a interpretação de termogramas obtidos por diferentes câmeras. Porém, apesar de ser comum a realização de estudos comparativos entre diferentes instrumentos na área de Ciências do Esporte, ainda é reduzido o número de trabalhos que compararam termogramas obtidos por diferentes câmeras em seres humanos. Nguyen et al. [39] analisaram o potencial de três diferentes câmeras termográficas como ferramenta de triagem para a detecção de pessoas febris e verificaram diferenças substanciais entre os equipamentos. Duas câmeras foram capazes de distinguir indivíduos com ou sem febre, com especificidade e sensibilidade relativamente altas, enquanto que a outra não conseguiu identificar temperaturas da superfície corporal elevadas.

Trabalhos da mesma natureza realizados com outros instrumentos comumente utilizados na Medicina do Esporte reportaram diferenças quando compararam técnicas de composição corporal [22], compassos de dobras cutâneas [16], analisadores de gases respiratórios portáteis [30] e termômetros para mensuração da temperatura interna [25]. Esse tipo de estudo assume um papel muito importante, pois nos permite analisar o impacto que as possíveis diferenças encontradas entre instrumentos exercem sobre os parâmetros fisiológicos avaliados.

Identificar se existem diferenças nos valores de T_P obtidos por diferentes câmeras pode auxiliar profissionais como fisioterapeutas, médicos e educadores físicos a interpretar imagens termográficas obtidas por diferentes câmeras, e orientá-los na seleção do equipamento adequado para sua prática profissional.

O objetivo do presente estudo foi comparar valores de T_P de imagens termográficas obtidas por duas câmeras com diferentes resoluções, além de verificar se as possíveis diferenças podem interferir na avaliação da simetria térmica bilateral das panturrilhas obtida por cada uma das câmeras.

2.4. Materiais e Métodos

Amostra

32 estudantes universitários (23,38 ± 3,63 anos) voluntários participaram deste estudo, sendo 22 mulheres (58,8 ± 9,2 kg, 1,63 ± 0,05 m, 21,96 ± 2,93 kg/m², 22,61 ± 4,42 % de gordura corporal) e 10 homens (72,7 ± 10,5 kg, 1,75 ± 0,07 m, 23,85 ± 3,01 kg/m², 11,92 ± 5,47 % de gordura corporal). Antes da participação, os indivíduos foram esclarecidos sobre o objetivo e procedimentos do estudo, e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, conforme preconiza a legislação brasileira 466/12 para investigação com seres humanos.

Tendo em vista que alguns fatores podem interferir na resposta da T_P, os indivíduos que apresentaram alguma das seguintes condições foram excluídos: I) tabagistas, II) histórico de problemas renais, III) lesão osteomioarticular nos últimos dois meses ou que apresentar alguma sintomatologia, IV) quadro de queimaduras na pele nas áreas corporais avaliadas, V) sintomatologia de dor em alguma região corporal, VI) quadro febril nos últimos sete dias, VII) tratamento fisioterápico ou dermatológico com cremes, pomadas ou loções de uso local, VIII) utilização de medicamentos como antitérmicos ou diurético, ou algum suplemento alimentar com potencial interferência na homeostase hídrica ou temperatura corporal nas últimas duas semanas.

Procedimentos

O estudo foi realizado no Laboratório de Performance Humana (LAPEH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e envolveu uma dinâmica de 2 etapas: 1) avaliação antropométrica e demarcação das RCI; 2) obtenção das imagens termográficas.

Avaliação antropométrica e demarcação das RCI

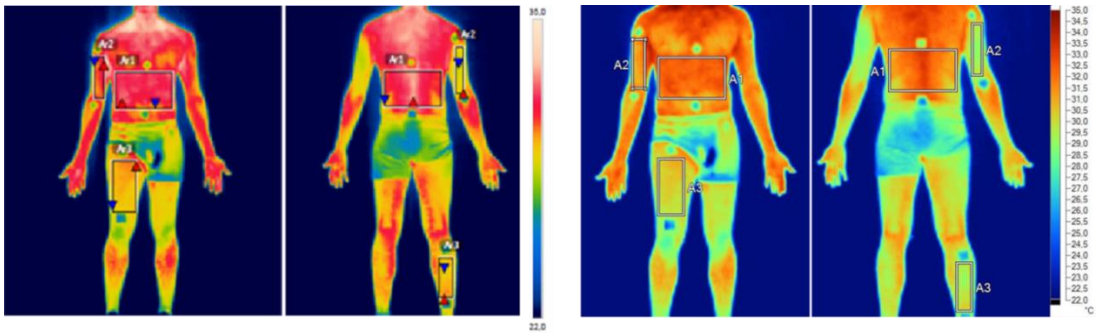
Foi realizada uma avaliação antropométrica para caracterização da amostra, onde foram mensuradas a massa corporal (kg) (Filizola, ID-M 150/4, São Paulo,

Brasil), estatura (cm) (Sanny, Standard, São Bernardo do Campo, Brasil), e dobras cutâneas (mm) com a utilização de adipômetro científico (Cescorf, Top Tec, Porto Alegre, Brasil). A equação de 3 dobras cutâneas de Jackson e Pollock [26] foi utilizada para calcular a densidade corporal, sendo o percentual de gordura estimado pela equação de Siri [46]. As medidas antropométricas foram obtidas conforme as recomendações da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* [32], sendo o registro e processamento dos dados realizados no Software Avaesporte® (Esportes Sistemas, MG, Brasil). Os dados antropométricos foram coletados por um único avaliador treinado especificamente para essa tarefa, sendo realizado em local reservado.

Após a conclusão da avaliação antropométrica, cada RCI foi delimitada com adesivos junto à pele (figura 1) em pontos anatômicos na porção anterior do corpo (tabela 1) e seus respectivos pontos correspondentes na região posterior, seguindo as recomendações de Moreira [37], já utilizadas em outros trabalhos [15,17,34,35].

Tabela 1. Pontos de referência anatômicos na posição anterior do corpo.

RCI	Ponto Anatômico
Braço	Fossa cubital e linha axilar
Abdômen e dorsal inferior	Processo xifoide e cinco cm abaixo da cicatriz umbilical
Coxa	Cinco cm acima da borda superior da patela e linha inguinal
Perna	Cinco cm abaixo da borda inferior da patela e dez cm acima do maléolo



a. T420 **b.** TIR-25

Figura 1. Delimitação das regiões corporais de interesse em cada uma das câmeras.

Imagens termográficas

Os procedimentos para obtenção das imagens termográficas foram realizados conforme as recomendações da *European Association of Thermology* [4]. Previamente à avaliação os participantes foram orientados a evitar o consumo de álcool ou cafeína, não usar qualquer tipo de loção ou creme na pele, além de não realizar exercício físico intenso nas 24 horas precedentes aos procedimentos do estudo.

A coleta dos dados foi realizada durante o período de uma semana, entre 14:00 e 18:00 horas. O ambiente foi devidamente preparado com iluminação artificial e condições ambientais controladas, sendo a temperatura da sala de 21,7±0,6 °C e umidade relativa de 51,5±1,8 %. O fluxo de ar não foi direcionado para o local de coleta das imagens.

Após a delimitação das RCI, os avaliados permaneceram em pé por pelo menos 10 minutos para permitir a estabilização da T_P frente às condições laboratoriais de registro [35]. Nesse momento, os avaliados usaram apenas tênis e roupa de banho, e foram orientados a não cruzar os braços, não realizar movimentos bruscos, não esfregar as mãos ou qualquer parte do corpo. Após aclimatação, eles indicaram a sensação térmica (ST) (-1,1±1,2, ligeiramente fresco) através da escala de 9 pontos e o conforto térmico (CT) (1,3±1,6, ligeiramente confortável) em escala de 7 pontos, utilizadas em estudos prévios [18,53].

Foram utilizados dois tipos de câmeras térmicas no estudo, selecionadas por terem resoluções diferentes. A resolução das câmeras é de 160 x 120 *pixels* (Fluke,

TIR-25, Everett, EUA) e 320 x 240 *pixels* (Flir System, T420, Estocolmo, Suécia). A sensibilidade térmica de cada uma das câmeras é ≤ 0,1 °C (TIR-25) e ≤ 0,05 °C (T420).

As imagens termográficas foram obtidas com as duas câmeras simultaneamente por dois avaliadores treinados, sendo duas imagens do corpo todo (anterior e posterior) por câmera. Isto resultou em 4 imagens termográficas por avaliado. As câmeras foram focadas antes da obtenção das imagens, e foram posicionadas a uma distância de 4 m dos avaliados, a uma altura de 65 cm do chão, e exatamente uma ao lado da outra. Nessa condição, as lentes das câmeras ficaram separadas por uma distância aproximada de 12,5 cm. Após a obtenção de 16 imagens por cada câmera, a posição das mesmas foi invertida.

Interpretação das imagens termográficas

Os termogramas da T420 e TIR-25 foram analisados com os respectivos softwares apropriados Flir Tools (Flir System, Estocolmo, Suécia) e Smartview 3.1 (Fluke, Everett, USA). Os avaliadores foram treinados para a utilização dos softwares, previamente ao início do estudo.

A paleta de cor *rainbow* foi utilizada para visualizar e analisar as imagens, já que ambas as câmeras podem ser configuradas deste modo. As câmeras foram configuradas para um intervalo fixo de temperatura (22 °C a 35 ° C), o que minimiza possíveis mudanças no *layout* da imagem durante as análises [51]. A emissividade foi configurada em 0,98 [43,48] em ambas as câmeras, bem como nos softwares de análise das imagens.

As RCI avaliadas foram a coxa e braço direitos na região anterior, além do abdômen; perna e braço direitos na região posterior, e lombar. As temperaturas médias e máximas foram obtidas com o software delimitando um retângulo simétrico para cada RCI nas imagens termográficas (figura 1). Também foi obtida a T_P média da região posterior da perna esquerda, para que pudesse ser calculada a diferença térmica bilateral das panturrilhas e comparada entre as câmeras.

Análise Estatística

Inicialmente foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para verificar os pressupostos de normalidade. Em função da distribuição dos dados, foi utilizado o Teste de Mann-Whitney para comparar os valores de T_P entre as câmeras. O tamanho do efeito foi calculado de acordo com Field [20]. Para todos os procedimentos o nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. Ainda, foi realizada a análise de concordância entre métodos de Bland e Altman [10]. Os programas estatísticos usados foram o SPSS 20.0 e o MedCalc 9.3. Os dados foram apresentados em média e desvio padrão.

2.5. Resultados

A tabela 2 apresenta os resultados da comparação da temperatura máxima entre as câmeras, e a tabela 3 se refere aos resultados da comparação da temperatura média.

Tabela 2. Comparação dos valores de temperatura máxima entre as 2 câmeras nas RCI analisadas.

RCI	Câmera	Temperatura °C	p	Tamanho do efeito
Abdômen	T420	33,83 ± 0,53	0,005*	0,50
	TIR-25	33,42 ± 0,06		
Bíceps	T420	32,96 ± 0,80	0,014*	0,43
	TIR-25	32,32 ± 1,03		
Quadríceps	T420	31,08 ± 1,15	0,162	0,25
	TIR-25	30,66 ± 1,26		
Lombar	T420	33,51 ± 0,68	0,035*	0,37
	TIR-25	33,15 ± 0,67		
Tríceps	T420	30,61 ± 1,06	0,464	0,13
	TIR-25	30,38 ± 1,11		
Panturrilha	T420	30,72 ± 0,95	0,013*	0,44
	TIR-25	30,12 ± 1,05		

* $p<0,05$.

Tabela 3. Comparação dos valores de temperatura média entre as 2 câmeras nas RCI analisadas.

RCI	Câmera	Temperatura °C	p	Tamanho do efeito
Abdômen	T420	32,28 ± 0,82	0,93	0,30
	TIR-25	31,96 ± 0,85		
Bíceps	T420	31,71 ± 0,86	0,017*	0,42
	TIR-25	31,08 ± 1,00		
Quadríceps	T420	30,07 ± 1,08	0,036*	0,37
	TIR-25	29,49 ± 1,12		
Lombar	T420	31,86 ± 0,84	0,085	0,23
	TIR-25	31,49 ± 0,87		
Tríceps	T420	29,56 ± 0,95	0,194	0,23
	TIR-25	29,19 ± 1,02		
Panturrilha	T420	29,82 ± 0,96	0,020*	0,41
	TIR-25	29,21 ± 1,06		

* $p<0,05$.

A tabela 4 apresenta o viés médio e intervalo de confiança da análise de concordância dos valores de T_P entre as câmeras T420 e TIR-25.

Tabela 4. Viés médio e Intervalo de Confiança da análise de concordância entre as 2 câmeras.

RCI	Temperatura °C	Viés médio °C	Intervalo de Confiança 95%
Abdômen	Máxima	0,40	1,29 – -0,26
	Média	0,32	0,92 – -0,28
Bíceps	Máxima	0,64	1,46 – -0,17
	Média	0,63	1,25 – 0,02
Quadríceps	Máxima	0,43	1,29 – - 0,43
	Média	0,57	1,47 – -0,32
Lombar	Máxima	0,36	1,00 – -0,28
	Média	0,37	0,97 – -0,24
Tríceps	Máxima	0,22	0,84 – -0,39
	Média	0,37	0,95 – -0,22
Panturrilha	Máxima	0,60	1,43 – -0,22
	Média	0,59	1,34 – -0,15

Em relação à comparação da diferença térmica das panturrilhas direita e esquerda, não foram encontradas diferenças significativas entre as câmeras (tabela 5).

Tabela 5. Comparação da diferença térmica das panturrilhas entre as 2 câmeras.

Câmera	ΔT **°C**	**p**
T420	0,15 ± 0,15	0,569
TIR-25	0,19 ± 0,19	

D: direita, E: esquerda, * p<0,05, ΔT representa a diferença térmica entre as panturrilhas.

A tabela 6 apresenta o Viés médio e Intervalo de Confiança por meio de Bland-Altman para análise de concordância da diferença térmica das panturrilhas direita e esquerda entre as duas câmeras.

Tabela 6. Viés médio e Intervalo de Confiança da análise de concordância entre as 2 câmeras em relação à diferença térmica das panturrilhas.

Câmera	**Viés médio °C**	**Intervalo de Confiança 95%**
T420	0,04	0,23 – -0,30
TIR-25		

ΔT representa a diferença térmica entre as panturrilhas.

2.6. Discussão

O presente estudo comparou valores de T_P obtidos por duas câmeras termográficas em seis RCI e também comparou a diferença térmica bilateral das panturrilhas obtida por cada uma das câmeras.

Os resultados para a comparação dos valores de T_P entre as câmeras demonstraram uma tendência em apresentar maiores valores de temperatura para a câmera com maior resolução e melhor sensibilidade térmica, já que a T420 (320 x 240 *pixels;* sensibilidade ≤0,05 °C) registrou valores superiores à TIR-25 (160 x 120 *pixels*; sensibilidade ≤0,1 °C) em todas as comparações. De um total de seis RCI

analisadas as diferenças foram significativas em quatro casos para os resultados da temperatura máxima, e em três casos para a temperatura média. A análise de Bland e Altman mostrou um viés médio entre as câmeras que variou de 0,22 °C a 0,64 °C com um valor médio de 0,46 °C. Este diferente valor pode ser considerado como uma importante variação e pode levar a um erro de intepretação dos resultados tendo em vista que alguns autores reportaram, por exemplo, que aumentos de 0,4 a 0,6 °C de termogramas prévios podem indicar um efeito significante da carga de treinamento sobre a T_P em certas RCI dentro de 8 horas após o exercício [19] e também 24 horas e 48 horas após o exercício [3,7,8].

Essa divergência nos valores de T_P entre as câmeras pode, possivelmente, ser atribuída às diferenças de resolução e sensibilidade térmica, bem como à diferença na qualidade dos sensores das câmeras. Esses resultados evidenciam a necessidade de cautela ao se utilizar diferentes câmeras em avaliações de imagens termográficas, uma vez que o monitoramento da T_P de RCI específicas pode ser prejudicado por interpretações inadequadas geradas em função de um diferente funcionamento das câmeras. Assim, sugere-se para elaboração de laudos e relatórios de avaliações termográficas, principalmente quando diferentes câmeras forem utilizadas na coleta dos dados, que o modelo da câmera e a sua resolução seja indicada para permitir uma comparação apropriada da T_P obtida em diferentes momentos e para facilitar discussões futuras de pesquisas subsequentes.

Não foi encontrada diferença significativa na comparação da assimetria térmica bilateral das panturrilhas entre as câmeras. A análise de Bland e Altman mostrou (tabela 6) um pequeno viés médio de 0,04 °C quando os resultados da assimetria térmica das duas câmeras foram comparados, o que evidencia menor possibilidade de erro quando avaliações de simetria térmica bilateral são consideradas em vez de valores de T_P diretos. Esse resultado, em especial, fornece um dado muito interessante, uma vez que a simetria térmica bilateral é uma das características mais importantes do padrão de calor da superfície do corpo humano [27,45,52], além de ser considerada o elemento mais importante quando se interpreta imagens térmicas em estudos gerais [38] e na termografia esportiva [23,33,44].

Em indivíduos saudáveis, tem sido aceito que a diferença térmica normal em segmentos bilaterais não é superior a 0,4 °C [21,34,40,54,55]. Além disso, um

padrão de simetria térmica deve ser apresentado não somente em condições de repouso, mas também após aplicação de uma carga de *stress* térmico, sendo que o nível de restauração da homeostase térmica deve ser simétrico em ambos os lados, indicando assim um quadro de normalidade fisiológica [38]. Marins et al. [33] reportaram simetria na T_P entre regiões contralaterais dos membros inferiores em jogadores de futebol jovens e saudáveis, com uma diferença de T_P média entre os lados direito e esquerdo da coxa e perna menor que 0,2 °C, sendo considerada uma avaliação termográfica normal.

Assimetrias térmicas demasiadas podem sugerir anormalidades metabólicas, anatômicas ou fisiológicas. Selfe et al. [45] classificaram diferenças contralaterais a partir de 0,5 °C entre a região anterior dos joelhos como assimetrias clinicamente importantes, podendo ser indicativas de processos patológicos ou alterações vasculares. Este mesmo valor foi apontado por outros autores [40,50] como o ponto de referência para assimetrias contralaterais anormais, enquanto outros [23,49] sugeriram que assimetrias maiores que 0,7 °C são consideradas como anormais e podem indicar uma variação anatômica ou fisiológica.

A literatura médica científica tem relatado associação entre anormalidade na simetria térmica contralateral e patologias como o câncer [5], processos inflamatórios [27], deficiências vasculares [11,24] e síndromes dolorosas diversas [38]. Na área da medicina esportiva, assimetrias térmicas têm sido relacionadas a lesões traumáticas e/ou *overuse* em atletas como jogadores de futebol profissional [9] e esquiadores [23]. Após refrigerar com spray a região dorsal lesionada (músculos eretores da espinha) de um atleta, Badza et al. [6] verificaram uma restauração da homeostase térmica assimétrica, enquanto Sands et al. [44] observaram a existência de irregularidades térmicas quando um ginasta lesionado reportou dor à palpação.

Os resultados do nosso estudo indicam que a comparação das diferenças térmicas bilaterais pode ser feita, mesmo de termogramas com diferentes resoluções e de diferentes câmeras. A consideração dos níveis de assimetria contralateral sobre o protocolo de análise de dados pode aumentar a cobertura e validade dos resultados obtidos, principalmente quando câmeras de baixa resolução são utilizadas.

Nós sugerimos a realização de estudos que comparem termogramas obtidos por outras câmeras com resolução superior ou inferior às utilizadas neste estudo para contrastar nossos resultados em condições mais extremas.

2.7. Conclusão

Os termogramas obtidos por diferentes câmeras termográficas podem apresentar divergência nos valores de T_P, e valores superiores podem ser obtidos pela câmera de maior resolução. No entanto, as diferenças de temperatura verificadas entre as câmeras não prejudicam a avaliação da simetria térmica bilateral das panturrilhas.

2.8. Referências

1. Abate M, Di Carlo L, Di Donato L, Romani GL, Merla A. Comparison of cutaneous termic response to a standardised warm up in trained and untrained individuals. J Sports Med Phys Fitness 2013; 53: 209-215
2. Akimov E, Andreev R, Arkov V, Kirdin A, Saryanc V, Sonkin V, Tonevitsky A. Thermal "portrait" of sportsmen with different aerobic capacity. AKUT 2009; 14: 7-16
3. Al-Nakhli HH, Petrofsky JS, Laymon MS, Berk LS. The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. J Vis Exp 2012; 59: e3551
4. Ammer K, Ring EF. Standard Procedures for Infrared Imaging in Medicine. In: Bronzino JD. Medical Systems and Devices. Boca Raton: CRC Press 2006: 1-14
5. Arora N, Martins D, Ruggerio D, Tousimis E, Swistel AJ, Osborne MP, Simmons RM. Effectiveness of a noninvasive digital infrared thermal imaging system in the detection of breast cancer. Am J Surg 2008; 196: 523-526
6. Badza V, Jovancevic V, Fratric F, Roglic G, Sudarov N. Possibilities of thermovision application in sport and sport rehabilitation. Vojnosanit Pregl 2012; 69: 904-907
7. Bandeira F, Moura MAM, Souza MA, Nohama P, Neves EB. Can thermography aid in the diagnosis of muscles injury in soccer athletes? Rev Bras Med Esporte 2012; 18: 246-251
8. Bandeira F, Neves EB, Moura MAM, Nohama P. The thermography in support for diagnosis of muscle injury in sport. Rev Bras Med Esporte 2014; 20: 59-64

9. Barcelos EZ, Caminhas WM, Ribeiro E, Pimenta EM, Palhares RM. A combined method for segmentation and registration for an advanced and progressive evaluation of thermal images. Sensors 2014; 14: 21950-21967

10. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet 1986; 1: 307-310

11. Brioschi ML, Macedo JF, Macedo RAC. Termometria cutânea: novos conceitos. J Vasc Bras 2003; 2: 151-160

12. Chudecka M, Lubkowska A. Temperature changes of selected body's surfaces of handball players in the course of training estimated by thermovision, and the study of the impact of physiological and morphological factors on the skin temperature. Therm Biol 2010; 35: 379-385

13. Chudecka M, Lubkowska A. 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. Hum Mov 2012; 13: 33-39

14. Čoh M, Širok B. Use of the thermovision method in sport training. FU Phys Ed Sport 2007; 5: 85-94

15. Costa CMA. Técnicas de mensuração da temperatura corporal: uma especial atenção para as variações da temperatura da pele mensuradas por termografia ao longo do dia [Dissertação]. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa; 2012.

16. Cyrino ES, Okano AH, Glaner MF, Romanzini M, Gobbo LA, Makoski A, Bruna N, Melo JCd, Tassi GN. Impacto da utilização de diferentes compassos de dobras cutâneas para a análise da composição corporal. Rev Bras Med Esporte 2003; 9: 21-28

17. Fernandes AA. Comportamento da temperatura da pele em exercício e comparação entre dois métodos de mensuração [Dissertação]. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa; 2013.

18. Fernandes AA, Amorim PR, Brito CJ, de Moura AG, Moreira DG, Costa CM, Sillero-Quintana M, Marins JC. Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. Physiol Meas 2014; 35: 189-203

19. Fernández-Cuevas I, Sillero-Quintana M, Garcia-Concepcion MA, Serrano JR, Gomes-Carmona P, Marins JCB. Monitoring skin thermal response to training with infrared thermography. New Stud Athlet 2014; 29: 57-71

20. Field A. Discovering statistics using SPSS. London: Sage; 2009

21. Gatt A, Formosa C, Cassar K, Camilleri KP, De Raffaele C, Mizzi A, Azzopardi C, Mizzi S, Falzon O, Cristina S, Chockalingam N. Thermographic patterns of the upper and lower limbs: baseline data. Int J Vasc Med 2015; 2015: 831369

22. Hew-Butler T, Holexa BT, Fogard K, Stuempfle KJ, Hoffman MD. Comparison of Body Composition Techniques before and after a 161-Km Ultramarathon Using DXA, BIS and BIA. Int J Sports Med 2015; 36: 169-174

23. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. Sensors 2010; 10: 4700-4715

24. Huang CL, Wu YW, Hwang CL, Jong YS, Chao CL, Chen WJ, Wu YT, Yang WS. The application of infrared thermography in evaluation of patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease. J Vasc Surg 2011; 54: 1074-1080

25. Huggins R, Glaviano N, Negishi N, Casa DJ, Hertel J. Comparison of rectal and aural core body temperature thermometry in hyperthermic, exercising individuals: a meta-analysis. J Athl Train 2012; 47: 329-338

26. Jackson A, Pollock M. Generalized equations for predicting body density of men. Br J Nutr 1978; 40: 497-504

27. Jiang LJ, Ng EY, Yeo AC, Wu S, Pan F, Yau WY, Chen JH, Yang Y. A perspective on medical infrared imaging. J Med Eng Technol 2005; 29: 257-267

28. Kontos M, Wilson R, Fentiman I. Digital infrared thermal imaging (DITI) of breast lesions: sensitivity and specificity of detection of primary breast cancers. Clin Radiol 2011; 66: 536-539

29. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. Infrared Phys Technol 2012; 55: 221-235

30. Lepretre PM, Weissland T, Paton C, Jeanne M, Delannaud S, Ahmaidi S. Comparison of 2 portable respiratory gas analysers. Int J Sports Med 2012; 33: 728-733

31. Ludwig N, Formenti D, Gargano M, Alberti G. Skin temperature evaluation by infrared thermography: Comparison of image analysis methods. Infrared Phys Technol 2014; 62: 1-6

32. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart ALC. International Standards for Anthropometric Assessment. South Africa: Potchefstroom; 2006

33. Marins JCB, Fernandes A A, Moreira DG, Silva FS, Costa CMA, Pimenta EM, Sillero-Quintana M. Thermographic profile of soccer players' lower limbs. Rev Andal Med Deporte 2014; 7: 1-6

34. Marins JCB, Fernandes AA, Cano SP, Moreira DG, Silva FS, Costa CMA, Fernandez-Cuevas I, Sillero-Quintana M. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). J Therm Biol 2014; 42: 1-8

35. Marins JCB, Moreira DG, Cano SP, Quintana MS, Soares DS, Fernandes AA, Silva FS, Costa CMA, Amorim PRS. Time required to stabilize thermographic images at rest. Infrared Phys Technol 2014; 65: 30-35

36. Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. Ann Biomed Eng 2010; 38: 158-163

37. Moreira DG. Termografia corporal em repouso de homens e mulheres [Dissertação]. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa; 2011:

38. Nahm FS. Infrared thermography in pain medicine. Korean J Pain 2013; 26: 219-222

39. Nguyen AV, Cohen NJ, Lipman H, Brown CM, Molinari NA, Jackson WL, Kirking H, Szymanowski P, Wilson TW, Salhi BA, Roberts RR, Stryker DW, Fishbein DB. Comparison of 3 infrared thermal detection systems and self-report for mass fever screening. Emerg Infect Dis 2010; 16: 1710-1717

40. Niu HH, Lui PW, Hu JS, Ting CK, Yin YC, Lo YL, Liu L, Lee TY. Thermal symmetry of skin temperature: normative data of normal subjects in Taiwan. Chin Med J 2001; 64: 459-468

41. Piñonosa S, Sillero-Quintana M, Milanovi L, Coterón J, Sampedro J. Thermal evolution of lower limbs during a rehabilitation process after anterior cruciate ligament surgery. Kinesiology 2013; 45: 121-129

42. Ring EFJ, Ammer K. The technique of infra red imaging in medicine. Thermol Int 2000; 10: 7-14

43. Ring EFJ, Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine. Physiol Meas 2012; 33: 33-46

44. Sands WA, McNeal JR, Stone MH. Thermal imaging and gymnastics injuries: a means of screening and injury identification. Sci Gymnastics J 2011; 3: 5-12

45. Selfe J, Whitaker J, Hardaker N. A narrative literature review identifying the minimum clinically important difference for skin temperature asymmetry at the knee. Thermol Int 2008; 18: 51-54

46. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. Nutrition 1961; 9: 480-491

47. Sivanandam S, Anburajan M, Venkatraman B, Menaka M, Sharath D. Medical thermography: a diagnostic approach for type 2 diabetes based on non-contact infrared thermal imaging. Endocrine 2012; 42: 343-351

48. Steketee J. Spectral emissivity of skin and pericardium. Phys Med Biol 1973; 18: 686-694

49. Szentkuti A, Kavanagh HS, Grazio S. Infrared thermography and image analysis for biomedical use. Period Biol 2011; 113: 385-392

50. Uematsu S. Symmetric of skin temperature comparing one side of the body to the other. Thermology 1985; 1: 4-7

51. Vainionpaa M, Raekallio M, Tuhkalainen E, Hanninen H, Alhopuro N, Savolainen M, Junnila J, Hielm-Bjorkman A, Snellman M, Vainio O. Comparison of three thermal cameras with canine hip area thermographic images. J Vet Med Sci 2012; 74: 1539-1544

52. Vardasca R. Thermal symmetry of the limbs in healthy subjects. Thermol Int 2011; 21: 146

53. Yasuoka A, Kubo H, Tsuzuki K, Isoda N. Interindividual differences in thermal comfort and the responses to skin cooling in young women. J Therm Biol 2012; 37: 65-71

54. Zaproudina N, Varmavuo V, Airaksinen O, Narhi M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. Physiol Meas 2008; 29: 515-524

55. Zhu WP, Xin XR. Study on the distribution pattern of skin temperature in normal Chinese and detection of the depth of early burn wound by infrared thermography. Ann N Y Acad Sci 1999; 888: 300-313

3. Artigo 2 – Resposta térmica da pele ao exercício intenso em remoergômetro realizado com diferentes segmentos corporais.

3.1. Resumo

Objetivo: Analisar a resposta térmica da pele antes, exatamente após e no período de recuperação de três protocolos de exercício intenso realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro, além de verificar se as alterações térmicas ao longo dos momentos são equivalentes entre os exercícios.

Método: Um total de 18 homens (21,5±2,3 anos, 77,5±8,1 kg, 179,5±5,6 cm, 10,8±4,7 %G) foi submetido a um teste máximo com distância de 2000 m (T_{2000m}) realizado com movimentação simultânea de membros superiores (MS) e inferiores (MI), seguido de testes realizados apenas com membros superiores (T_{MS}) ou inferiores (T_{MI}), todos com a mesma duração determinada pelo tempo obtido no T_{2000m}. Após aclimatação, foram obtidos termogramas do tronco (anterior e posterior) e membros inferiores (anterior) antes, exatamente após os testes e com 10, 20 e 30 minutos de recuperação (REC-10min, REC-20min, REC-30min). A temperatura da pele (T_P) das regiões corporais de interesse (RCI) do peitoral, dorsal superior, quadríceps, bíceps braquial e antebraço foi obtida no software FLIR tools. O teste de Shapiro-Wilk foi usado para analisar a normalidade dos dados. A ANOVA mista foi usada para comparar os valores de T_P, seguida do post hoc de Tukey. Em todos os procedimentos foi adotado $p<0,05$.

Resultados: Não foi encontrada diferença significativa na T_P em repouso quando cada RCI foi comparada entre si ($p>0,05$). Ao longo dos momentos foram observadas mudanças na T_P em todas as RCI ($p<0,001$). As variações no peitoral foram equivalentes entre os três tipos de exercício (não houve interação significativa, $p=0,29$), enquanto as demais áreas apresentaram respostas térmicas de diferente magnitude (interação significativa, $p<0,001$). A T_P do peitoral reduziu após o exercício ($p<0,05$) e aumentou durante a recuperação ($p<0,05$ comparando com o momento pós-teste), sem retornar ao valor de repouso ($p>0,05$). A T_P na região dorsal superior reduziu após os testes ($p<0,05$) e retornou ao repouso ($p>0,05$) no T_{MS} (REC-10min) e no T_{2000m} (REC-30min). No quadríceps foi observada uma redução após os três testes ($p<0,05$), contudo a T_P retornou ao valor de repouso ($p>0,05$) no T_{2000m} e T_{MI} (REC-10min), enquanto no T_{MS} a T_P se manteve abaixo do baseline ($p<0,05$). No bíceps braquial e antebraço foi observado aumento na T_P ($p<0,05$) mais pronunciado no T_{MS} em relação ao T_{2000m}, enquanto no T_{MI} a T_P no bíceps braquial permaneceu abaixo do repouso ($p<0,05$) e se restabeleceu no antebraço ($p>0,05$) com REC-10min.

Conclusão: o exercício intenso em remoergômetro realizado com diferentes segmentos corporais proporciona uma resposta térmica da pele específica e de diferente magnitude nas regiões corporais avaliadas. A forma de movimentação corporal interfere no padrão das respostas térmicas da pele quando a solicitação do quadríceps, dorsal superior e braço é alterada com as variações de exercício.

Palavras chave: termografia, remoergômetro, temperatura da pele, termorregulação.

3.2. Abstract

TITLE: Skin Thermal Response to Intense Exercise in Rowing Ergometer Performed with Different Body Segments.

Objective: Analyze the skin thermal response before, immediately after and during the recovery period of three intense exercise protocols performed with different body segments in rowing ergometer, in addition to verify if the thermal changes over time are equivalent among the exercises.

Method: A total of 18 men (21.5±2.3 years old, 77.5±8.1 kg, 179.5±5.6 cm, 10.8±4.7 % body fat) underwent to a maximal test over 2000 m distance (T_{2000m}) performed using simultaneously upper and lower limbs, followed by testes performed only with upper (T_{UL}) or lower limbs (T_{LL}), all with the same duration determined by time obtained in the T_{2000m}. After acclimatization, thermograms of trunk (anterior and posterior) and lower limbs (anterior) were taken before, immediately after tests and within 10, 20 and 30 minutes of recovery period (REC-10min, REC-20min, REC-30min). The skin temperature (T_{Sk}) on Regions of Interest (ROI) of chest, upper back, quadriceps, biceps brachial and forearm was obtained with the FLIR tools software. The Shapiro-Wilk test was used to analyze the normality of the datas. The mixed ANOVA was used to compare the values of skin temperature with the Tukey post hoc. The level of significance for all procedures was set at $p<0.05$.

Results: Significant differences were not found in the rest T_{Sk} when each body region was compared between itself ($p>0.05$). Changes in T_{Sk} over time were observed in all ROI ($p<0.001$). The changes in the chest T_{Sk} were equivalent across the 3 exercises, (no significant interaction, $p=0.29$), while the other areas presented thermal responses with different magnitude (significant interaction, $p<0.001$). The T_{Sk} on chest decreased after exercise ($p<0.05$) and increased during the recovery period ($p<0.05$ comparing with the moment after test), but did not return to the rest values ($p>0.05$). The T_{Sk} on upper back presented thermal reduction after all tests ($p<0.05$) and returned to the baseline ($p>0.05$) in T_{UL} (REC-10min) and in T_{2000m} (REC-30min). On the quadriceps a reduction after the tests was observed ($p<0.05$), however the T_{Sk} returned to the baseline ($p>0.05$) in T_{2000m} and T_{LL} (REC-10min), while in T_{UL} the T_{Sk} remained lower from the baseline ($p<0.05$). On the biceps brachial and forearm was observed an increase in the T_{Sk} ($p<0.05$) more pronounced in T_{UL} than T_{2000m}, while in the T_{LL} the biceps brachial T_{Sk} remained lower from the baseline ($p<0.05$) and returned to the baseline ($p>0.05$) on forearm (REC-10min).

Conclusion: Intense exercise in rowing ergometer performed with different body segments provides a specific skin thermal response with different magnitude in the body regions evaluated. The type of body movement interferes on skin thermal responses when the solicitation of quadriceps, upper back and arms is altered with the exercise variations.

Key words: thermography, rowing ergometer, skin temperature, thermoregulation.

3.3. Introdução

O fornecimento de oxigênio para suprir a demanda metabólica de músculos ativos durante o exercício dinâmico ocorre por meio de importantes ajustes cardiovasculares. O aumento no fluxo sanguíneo para os músculos ativos requer um aumento expressivo no débito cardíaco (DC) em combinação com aumento na condutância vascular para os músculos exercitados e vasoconstrição em tecidos inativos [39,70]. Estes mecanismos são essenciais para direcionar o DC para o tecido muscular esquelético ativo.

O aumento na produção de calor metabólico durante o exercício estimula o sistema termorregulatório que, por meio da vasodilatação e redistribuição do fluxo sanguíneo para a pele, conduz o calor até a superfície corporal e estimula a produção de suor [49]. A evaporação do suor, por sua vez, reduz a temperatura da pele (T_P), de modo que o sangue proveniente das regiões mais profundas do corpo é resfriado ao circular pela pele e retorna ao interior do corpo em menor temperatura, o que contribui com a redução da temperatura interna [17,24,45,65].

Tendo em vista que a T_P é determinada pela atividade metabólica de tecidos subjacentes à pele, fluxo sanguíneo local e intensidade da perspiração [3,4], é esperado que a ação dos mecanismos termorregulatórios e a redistribuição de fluxo sanguíneo durante o exercício ocasionem alterações na T_P, variando em função do tipo, intensidade e duração do exercício, bem como com a magnitude de vasodilatação e sudorese [70]. Portanto, a mensuração da T_P pode fornecer importantes informações sobre a eficiência da dinâmica do sistema termorregulatório durante o exercício [28,57,78].

A termografia infravermelha tem sido apontada como uma importante ferramenta no monitoramento do comportamento da T_P tanto em repouso [53,54,58,60,73,77] quanto em condições de exercício [1,19,20,27,28,30,57]. A técnica de termografia estende a visão humana através do espectro infravermelho e permite visualizar o calor irradiado da superfície corporal e mensurar a T_P em tempo real, de forma não invasiva, sem contato físico e sem qualquer efeito nocivo ao avaliado [12,43,74]. Isso possibilita a dinâmica de acompanhamentos dos ajustes térmicos que ocorrem na pele tanto em uma visão global como local.

Ajustes termorregulativos relacionados à T_P têm sido estudados por meio da termografia especialmente em exercícios de membros inferiores realizados em esteira e cicloergômetro [27,41,57,71,78], em exercícios resistidos de baixa intensidade [31,32], em atletas de esportes coletivos em situação de treinamento [19,20], dentre outros. Em contraste, são escassos os estudos que avaliaram a resposta da T_P a exercícios de alta intensidade e que recrutam maior massa muscular, como os realizados em remoergômetro. Este tipo de exercício exige ação conjunta entre membros inferiores e superiores e implica em um expressivo aumento no fluxo sanguíneo para os músculos esqueléticos ativos, que poderia comprometer o controle da pressão arterial se ações vasoconstritoras do sistema nervoso simpático não limitassem a condutância vascular nestes músculos [50]. Assim, é importante estabelecer a maneira como os ajustes térmicos da pele ocorrem durante este tipo de exercício, tendo em vista que o gestual motriz e massa corporal envolvida são específicos, implicando em respostas metabólicas diferenciadas.

Além disso, também são limitados os estudos que avaliaram o efeito do exercício realizado com diferentes segmentos corporais (membros superiores, membros inferiores ou ambos) na T_P sobrejacente a grupos musculares ativos e inativos. Como o remoergômetro possibilita a realização do exercício completo e de modo isolado, apenas com membros inferiores ou superiores, as variações na forma de execução nos permitem manipular a magnitude do envolvimento de diferentes grupos musculares, aumentando ou reduzindo a exigência sobre eles.

Diante da importância da T_P na termorregulação humana, sua mensuração permite obter informações sobre o complexo sistema de controle térmico, tornando-se imprescindível nos estudos de termorregulação. Desse modo, o presente estudo poderá fornecer informações para melhor compreensão do sistema termorregulatório humano, no que diz respeito à T_P, ao estabelecer os seus ajustes térmicos decorrentes de diferentes regiões corporais exercitadas.

Portanto, o objetivo do presente estudo é analisar a resposta da T_P antes, exatamente após e no período de recuperação de três protocolos de exercício intenso realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro, além de verificar se as alterações da T_P ao longo dos momentos são equivalentes entre os exercícios.

3.4. Materiais e Métodos

Amostra

Participaram deste estudo 18 homens (21,6 ± 2,4 anos, 77,7 ± 8,1 kg, 179,3 ± 5,7 cm, 10,1 ± 4,4 % de gordura corporal) fisicamente ativos e aparentemente saudáveis. Como critérios de inclusão os avaliados deviam apresentar respostas negativas ao *Physical Activity Readiness Questionnarie* - PARq [18], ser classificados com risco coronariano abaixo da média, conforme avaliação proposta pela *Michigan Heart Association* [56], além de ser considerados fisicamente ativos, segundo os critérios do *American College of Sports Medicine* [33].

Como a T_P sofre interferência de fatores internos e externos, as seguintes condições foram consideradas critérios de exclusão:

a. Tabagistas;
b. Histórico de problemas renais;
c. Lesão ósteo-mio-articular nos últimos dois meses ou que apresentarem alguma sintomatologia;
d. Quadro de queimaduras na pele, independentemente do grau nas áreas corporais que serão avaliadas;
e. Sintomatologia de dor em alguma região corporal;
f. Quadro febril nos últimos sete dias;
g. Estar em tratamento fisioterápico ou dermatológico com cremes, pomadas ou loções de uso local;
h. Consumo de medicamentos como antitérmicos ou diurético, ou algum suplemento alimentar com potencial interferência na homeostase hídrica ou temperatura corporal nas últimas duas semanas.

Após a triagem inicial os voluntários foram esclarecidos sobre a dinâmica e procedimentos do estudo, e após a sua compreensão todos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (n° do

parecer 782.177), atendendo assim a Legislação Brasileira para pesquisa com seres humanos.

Procedimentos

Os procedimentos do estudo foram realizados nas instalações do Laboratório de Performance Humana (LAPEH) da UFV. O estudo envolveu uma dinâmica de 3 etapas: 1) avaliação antropométrica; 2) familiarização ao remoergômetro e ao teste de 2000 m; 3) aplicação dos protocolos de testes físicos realizados com diferentes segmentos corporais.

Com o intuito de minimizar possíveis interferências de variações circadianas na T_P [23], foi respeitado o mesmo horário dos protocolos de teste para cada avaliado na etapa 3. Os participantes foram orientados a manter os hábitos alimentares e a ingerir aproximadamente 500 ml de água duas horas antes dos procedimentos, visando garantir um *status* adequado de hidratação, conforme a recomendação da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte [38].

Foi considerado como fator impeditivo para iniciar os experimentos o nível de densidade da urina superior a 1020, condição que sinaliza um estado de desidratação [15]. A densidade da urina foi verificada por refratômetro portátil (Atago, a300, Ribeirão Preto, Brasil), sendo os avaliados orientados a descartar o primeiro jato de urina e coletar uma amostra da urina subsequente em recipiente plástico e esterilizado. Além disso, previamente ao início dos testes, os avaliados deveriam apresentar glicemia entre 60 e 100 mg/dl [35]. A glicemia foi verificada (Roche, Accu-Chek Performa, Indianapolis, EUA) com a segunda gota de sangue capilar obtido da ponta do dedo, o qual foi limpo previamente com álcool e secado com algodão, sendo as lancetas utilizadas descartadas imediatamente após o uso.

A seguir são apresentados com mais detalhes cada uma das etapas do estudo.

Avaliação antropométrica

A primeira etapa compreendeu uma avaliação antropométrica realizada para caracterização da amostra, onde foram mensuradas a massa corporal (kg) (Filizola, ID-M 150/4, São Paulo, Brasil), estatura (cm) (Sanny, Standard, São Bernardo do Campo, Brasil) além das dobras cutâneas (mm) do peitoral, abdômen e coxa, utilizando um compasso científico (Cescorf, Top Tec, Porto Alegre, Brasil). A equação de Jackson e Pollock [42] foi utilizada para calcular a densidade corporal, sendo o percentual de gordura estimado pela equação de Siri [66]. As medidas antropométricas foram obtidas conforme as recomendações da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* [52] sendo o registro e processamento dos dados realizados no Software Avaesporte® (Esportes Sistemas, MG, Brasil).

Protocolo de familiarização ao remoergômetro e ao teste de 2000 m (T_{2000m})

Tendo em vista que o exercício no remoergômetro representa uma habilidade motora complexa [16], os voluntários foram familiarizados ao ergômetro (Matrix, Air Rower, Cottage Grover, EUA) com duas sessões de exercício leve, com duração de 15 minutos, em dias diferentes. Em cada sessão os avaliados realizaram o exercício com variação na forma de execução a cada cinco minutos: exercício completo com movimentos coordenados entre membros inferiores e superiores (MIS) (figura 1); exercício realizado somente com membros inferiores (MI) (figura 2); exercício realizado apenas com membros superiores (MS) (figura 3).

A **B**

Figura 1. Exercício completo realizado com MIS. A: posição inicial; B: posição final.

A **B**

Figura 2. Exercício realizado com MI. A: posição inicial; B: posição final.

A **B**

Figura 3. Exercício realizado com MS. A: posição inicial; B: posição final.

Na terceira visita os indivíduos realizaram uma simulação do T_{2000m}, considerado como um teste de familiarização, sendo orientados a percorrer a distância de 2000 m no menor tempo possível, seguindo a orientação de Gee et al. [34] e Soper e Hume [67].

Superada essa fase, os avaliados deram continuidade à etapa seguinte, após um período mínimo de 48 horas e máximo de 1 semana.

Protocolo de testes físicos

Na etapa de aplicação dos protocolos de exercício, os participantes foram submetidos a três testes em remoergômetro realizados com diferentes segmentos corporais, respeitando um período mínimo de 48 horas e máximo de 1 semana entre si.

A tabela 1 apresenta a ordem de aplicação dos protocolos, que teve início com o T_{2000m} envolvendo o movimento completo, seguida de uma distribuição randomizada alternada a cada avaliado para a realização dos testes de membros

superiores e inferiores. Este procedimento se caracteriza por uma ação metodológica que visa minimizar o possível efeito do aprendizado.

Tabela 1. Ordem de realização dos protocolos de teste.

Indivíduo	Teste 1	Teste 2	Teste 3
01	T_{2000m}	MS	MI
02	T_{2000m}	MI	MS
03	T_{2000m}	MS	MI
04	T_{2000m}	MI	MS
05	T_{2000m}	MS	MI
06	T_{2000m}	MI	MS
07	T_{2000m}	MS	MI
08	T_{2000m}	MI	MS
09	T_{2000m}	MS	MI
10	T_{2000m}	MI	MS
11	T_{2000m}	MS	MI
12	T_{2000m}	MI	MS
13	T_{2000m}	MS	MI
14	T_{2000m}	MI	MS
15	T_{2000m}	MS	MI
16	T_{2000m}	MI	MS
17	T_{2000m}	MS	MI
18	T_{2000m}	MI	MS

T_{2000m}: teste realizado com movimento completo envolvendo membros superiores e inferiores; MS: teste de membros superiores; MI: teste de membros inferiores.

Na primeira visita todos os participantes foram submetidos ao T_{2000m}, sendo orientados a percorrer a distância de 2000 m de maneira contínua no menor tempo possível [34,67], após um aquecimento leve de 5 minutos. A frequência cardíaca (FC) no aquecimento foi de 50% da FCM (FC máxima) estimada pela equação de Tanaka et al. [68] [208 - 0,7 $_x$ idade] e foi ajustada considerando o valor de FC de reserva, conforme equação estipulada por Karvonen et al. [48] [FC de treino = (FCM - $FC_{repouso}$) $_x$ % de intensidade + ($FC_{repouso}$)].

A duração do exercício nos testes 2 e 3 foi determinada em função do tempo individual (segundos) obtido no T_{2000m}. Portanto, nos testes realizados apenas com membros superiores ou inferiores, os indivíduos foram orientados a percorrer a maior distância possível no remoergômetro durante o tempo individual obtido previamente no T_{2000m}. Essa conduta foi adotada para que a duração do exercício em cada

protocolo fosse exatamente a mesma. Nos três protocolos os avaliados foram estimulados verbalmente a completá-los no menor tempo (no caso do T_{2000m}) ou a alcançar a maior distância possível nos testes de MS e MI.

Em cada protocolo, parâmetros de troca gasosa respiratória foram obtidos a cada respiração por meio de um analisador de gases metabólicos (MedGraphics, Ultima^{TM}, Saint Paul, EUA). O maior valor de consumo de oxigênio obtido durante os testes foi considerado como o $VO_{2\ pico}$. Durante todo o procedimento a frequência cardíaca (FC) foi monitorada (Polar, Team System Pro, Kempele, Finlândia) com obtenção dos valores a cada cinco segundos, sendo o maior valor obtido considerado como a FC_{pico}. Os avaliados reportaram o índice de percepção de esforço (IPE) em escala de 6 a 20 [11] imediatamente após o término dos testes.

Para determinação do lactato, uma amostra de sangue capilar foi retirada da ponta do dedo exatamente após o término dos testes. A região foi previamente limpa com álcool e secada com algodão, e a segunda gota de sangue foi utilizada para a análise (Roche, Accutrend Plus, Indianapolis, EUA). Os avaliados ainda tiveram a massa corporal (kg) registrada antes e após o teste para determinação de perda hídrica. A figura 4 esquematiza os procedimentos adotados para a realização dos testes.

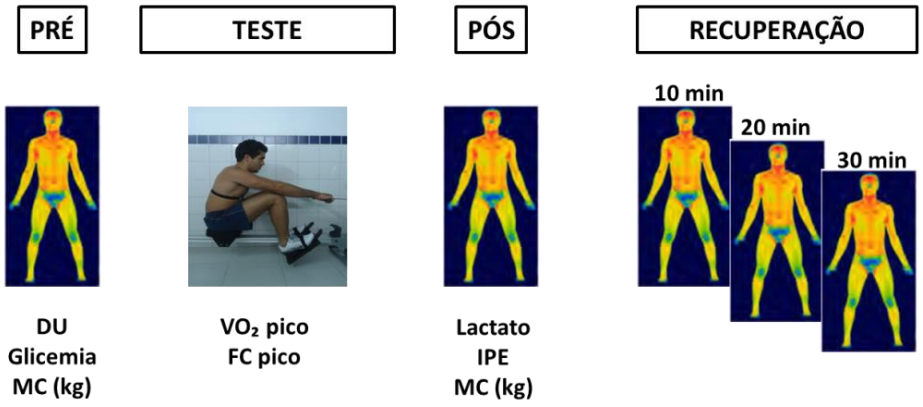


Figura 4. Esquema do procedimento experimental nos testes. DU: densidade da urina; MC: massa corporal; VO_2 pico: consumo de oxigênio de pico; FC pico: frequência cardíaca de pico; IPE: índice de percepção de esforço.

Protocolo de obtenção das imagens termográficas

Foram obtidas imagens termográficas nos três protocolos de teste em 5 momentos: antes do exercício; depois do exercício; e com 10, 20 e 30 minutos após o seu término. Os procedimentos foram realizados conforme as recomendações da *European Association of Thermology* [6], e foram aplicados recentemente em outros estudos [27,30,53-55]. Previamente à avaliação os participantes foram orientados a evitar o consumo de álcool ou cafeína, a não usar qualquer tipo de loção ou creme na pele, além de não realizar exercício físico intenso nas 24 h precedentes aos procedimentos do estudo.

As condições ambientais da sala foram controladas [T_{2000m} (20,6±1,1°C e 55,9±5,5 % UR); teste MS (20,0±1,4°C e 58,9±5,6 % UR); teste MI (19,9±0,9°C e 58,6±5,8 % UR)], sendo a temperatura e a umidade relativa registradas por meio de uma estação meteorológica (Davis, Vantage Vue^{TM}, Hayward, EUA). Não houve ventilação direcionada para as áreas de obtenção das imagens e de realização do exercício, o que foi verificado por meio de anemômetro digital (Instrutherm, AD-250, São Paulo, Brasil). Um período mínimo de 10 minutos de aclimatação ao ambiente da sala foi respeitado para permitir a estabilização da T_P [55]. Nesse momento, os avaliados usaram apenas tênis, sunga e monitor cardíaco, e foram orientados a permanecer em pé, não cruzar os braços, não realizar movimentos bruscos, não esfregar as mãos ou qualquer parte do corpo [23]. Após a aclimatação, foram orientados a indicar a sensação térmica (ST) pela escala de 9 pontos, e o conforto térmico (CT) em escala de 7 pontos, previamente utilizadas no estudo de Yasuoka et al. [76].

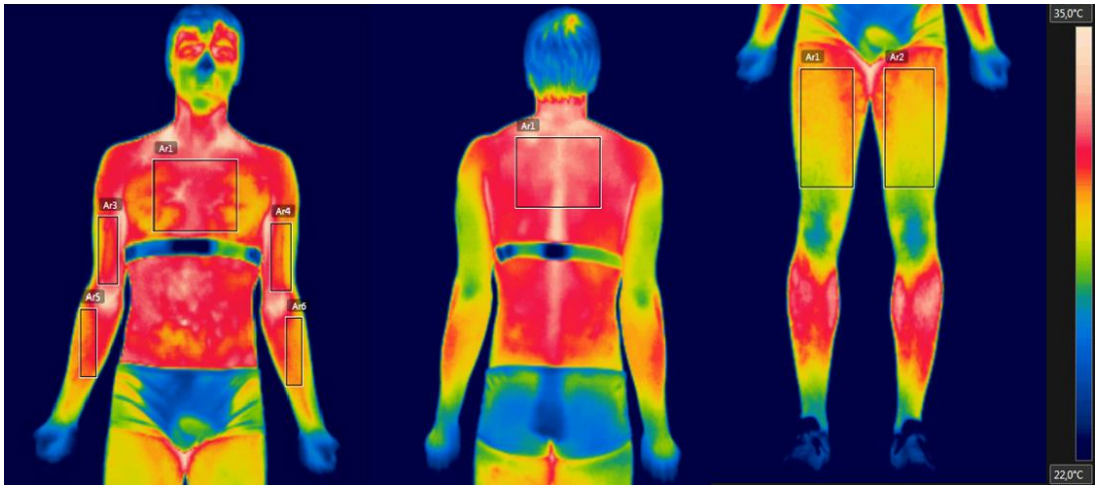
A T_P das RCI do quadríceps, dorsal superior, peitoral e braço (bíceps braquial e região anterior do antebraço) foi monitorada através de imagens obtidas com um termovisor T420 (Flir Systems, Estocolmo, Suécia) com amplitude de medição de -20 a +120°C, precisão de 2%, sensibilidade $\leq$ 0,05°C, banda de espectral dos infravermelhos de 7,5 µm a 13 µm, taxa de atualização de 60 Hz, foco automático e resolução de 320 x 240 pixels.

As imagens termográficas foram obtidas com o avaliado na posição anatômica, a uma distância de 3 metros, totalizando três imagens: região anterior e posterior do tronco e membros superiores; região anterior dos membros inferiores.

Foram adotados pontos anatômicos na porção anterior do corpo (tabela 2) e seus respectivos pontos correspondentes na região posterior, todos identificados por adesivos na pele (figura 5) a fim de facilitar a delimitação de cada região corporal de interesse (RCI), seguindo as recomendações de Moreira et al. [58] já utilizadas em outros trabalhos [27,54,55].

Tabela 2. Pontos anatômicos na porção anterior do corpo.

RCI	Ponto Anatômico
Antebraço	Primeiro terço distal do antebraço e fossa cubital
Braço	Fossa cubital e linha axilar
Peitoral e dorsal superior	Linha do mamilo e borda superior do esterno
Coxa	Cinco cm acima da borda superior da patela e linha inguinal



a **b** **c**

Figura 5. Demarcação (sem adesivos) das RCI na visão anterior (a) e posterior (b) do tronco e anterior dos membros inferiores (c).

Após a obtenção das imagens todas foram transferidas para um computador e analisadas através do software Flir Tools (Flir Systems, Estocolmo, Suécia). A ferramenta de seleção do software permite verificar a temperatura de uma área

corporal delineada manualmente. Dessa forma, foram selecionadas as regiões corporais citadas e os resultados da temperatura média foram tabulados para posterior análise estatística.

Análise Estatística

O teste de Shapiro Wilk foi utilizado para analisar a distribuição dos dados. Tendo em vista que os dados apresentaram distribuição normal, empregou-se uma estatística descritiva. Posteriormente foi utilizada a ANOVA de medidas repetidas com Post Hoc de Tukey para comparar a densidade da urina, glicemia e FC em repouso previamente à realização dos testes, bem como para comparar os parâmetros fisiológicos e de desempenho obtidos e a umidade relativa em cada teste. Além disso, foi realizada uma ANOVA *Two-Way* (3 Grupos x 5 Momentos) para analisar as mudanças de T_P ao longo dos momentos em cada teste, para comparar o valor médio de T_P entre os protocolos, bem como para verificar se as mudanças de T_P ao longo dos momentos foram equivalentes entre os testes (interação). O tamanho do efeito foi calculado de acordo com Field [32].

Como os dados de temperatura da sala não apresentaram distribuição normal foi utilizado o Teste de Friedman para comparar este parâmetro entre os dias de teste.

Os valores de T_P de regiões bilaterais (braço, antebraço e coxa) foram estabelecidos pela média obtida do somatório dos hemicorpos direito e esquerdo. Em todos os procedimentos o nível de significância adotado foi de $p<0,05$. O SPSS 20.0 foi o pacote estatístico utilizado. Os dados foram apresentados em média ± desvio padrão (DP).

3.5. Resultados

Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de densidade da urina [$F(2, 26) = 0,219$; $p=0,805$], glicemia [$F(2, 34) = 1,016$; $p=0,373$] e FC [$F(2, 30) = 1,591$; $p=0,221$] mensuradas em repouso, bem como entre as condições de temperatura da sala [$\chi^2(2) = 4,536$; $p=0,104$] e umidade relativa [F

(2, 34) = 3,125; p=0,057]. A tabela 3 apresenta o *status* de hidratação, glicemia e FC previamente ao início dos testes, bem como a classificação média de sensação térmica (entre ligeiramente fresco e fresco) e conforto térmico (neutro) dos avaliados após aclimatação.

Tabela 3. Parâmetros basais pré-exercício e percepção subjetiva do ambiente em cada uma das três condições de testagem.

	T_{2000m}	Teste MS	Teste MI
Densidade da urina (g/ml)	1009,3±7,0	1011,2±6,3	1011,1±6,3
Glicemia (mg/dl)	92,7±7,8	91,3±8,0	88,8±8,9
FC repouso (bpm)	62,8±10,5	63,4±11,2	66,2±11,4
Sensação térmica	-1,6±0,9	-1,7±1,4	-1,1±1,0
Conforto térmico	0,5±1,3	-0,2±1,4	0,3±1,3

A tabela 4 apresenta os parâmetros fisiológicos e desempenho obtidos nos três protocolos de teste.

Tabela 4. Desempenho e parâmetros fisiológicos obtidos nos protocolos de teste em remoergômetro.

	T_{2000m}	Teste MS	Teste MI
Tempo (s)	503,4±28,9	503,4±28,9	503,4±28,9
Distância (m)	2000±0,0 * #	1303,6±129,3 #	1873,2±58,2
VO_2 pico (ml.kg.min)$^{-1}$	47,5±6,4 *	29,9±6,8 #	45,6±5,9
FC pico (bpm)	186,7±6,0 * #	164,7±11,1 #	181,8±8,4
Quociente respiratório	1,4±0,2 *	1,7±0,3 #	1,5±0,2
Lactato (mmol/L)	10,7±3,1 *	8,5±1,8	9,3±2,7
IPE (6-20)	18,1±1,6 * #	16,8±2,1	17,1±2,0
Perda hídrica (ml)	230±110 *	130±100	180±120

* representa diferença significativa (p<0,05) em relação ao teste de membros superiores; # representa diferença significativa (p<0,05) em relação ao teste de membros inferiores.

A seguir são apresentados os resultados da resposta da T_P do peitoral (figura 6), dorsal superior (figura 7), quadríceps (figura 8) bíceps braquial (figura 9) e da região anterior do antebraço (figura 10) aos protocolos de exercício. Em todas as análises o teste de Mauchly identificou que a hipótese de esfericidade não foi assumida.

Peitoral

Houve diferença significativa entre os momentos [F (2,42; 123,49) = 67,520; p < 0,001, *r* = 0,98], porém, não houve diferença significativa entre os testes [F(2, 51) = 1,293; p = 0,283] no valor médio de T_P do peitoral. Não houve uma interação significativa entre momento e teste [F (4,84; 123,49) = 1,242; p = 0,294]. A T_P no *baseline* foi igual entre os testes [F (2, 51) = 26,38; p = 0,89], sendo que exatamente após o teste a T_P do peitoral reduziu (p < 0,001) e se manteve abaixo do *baseline* em todos os momentos da recuperação (p < 0,001).

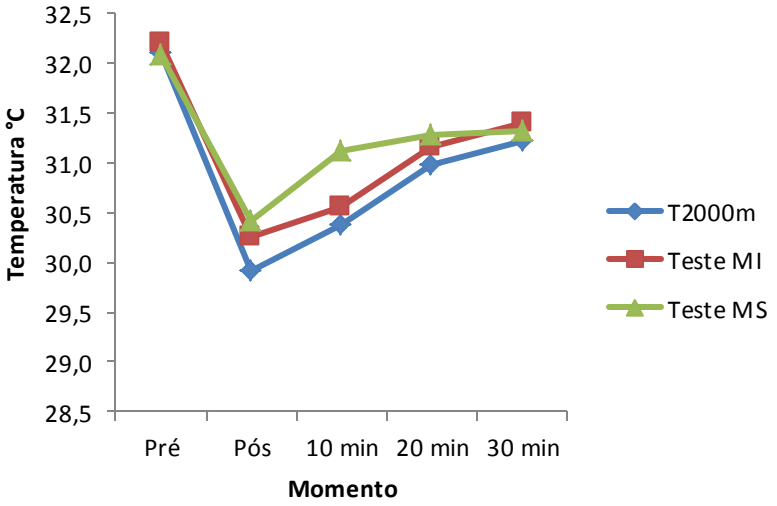


Figura 6. Resposta da T_P do peitoral aos protocolos de exercício realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro.

Dorsal Superior

Houve diferença significativa entre os momentos [F (2,298; 117,193) = 11,838; p < 0,001, *r* = 0,91] e entre os testes [F (2, 51) = 6,696; p = 0,003, *r* = 0,87] na T_P da RCI dorsal superior, sendo o valor médio de T_P no T_{MS} maior em relação ao T_{2000m} (p = 0,01) e T_{MI} (p < 0,01). Houve uma interação significativa entre momento e teste [F (4,596; 117,193) = 7,571; p < 0,001, *r* = 0,79]. Esta interação mostrou que não houve diferença significativa entre os testes no *baseline* [F (2, 51) = 0,319; p = 0,728], bem como no último momento da recuperação (30 minutos após o término do exercício) [F (2, 51) = 2,859; p = 0,067]. Contudo, o valor de T_P no T_{MS} foi mais elevado em relação ao T_{MI} nos momentos exatamente após o exercício (p = 0,026), no primeiro momento da recuperação (10 minutos após o exercício) em relação aos demais testes (p < 0,001), bem como no segundo momento da recuperação (20 minutos após o exercício) quando comparado ao T_{2000m} (p = 0,002) e T_{MI} (p = 0,003). Houve redução nos três testes exatamente após o exercício (p < 0,001), porém, no T_{MS} a T_P retornou ao *baseline* já no primeiro momento da recuperação e se manteve estável (p = 1,0) durante todo este período, enquanto que nos demais testes houve manutenção da T_P no primeiro momento da recuperação em relação ao pós-teste, seguido de elevação com 20 e 30 minutos após o término dos exercícios em direção ao *baseline*. A T_P retornou aos valores basais com 30 minutos no T_{2000m} (p = 0,128), mas não no T_{MI} (p < 0,001).

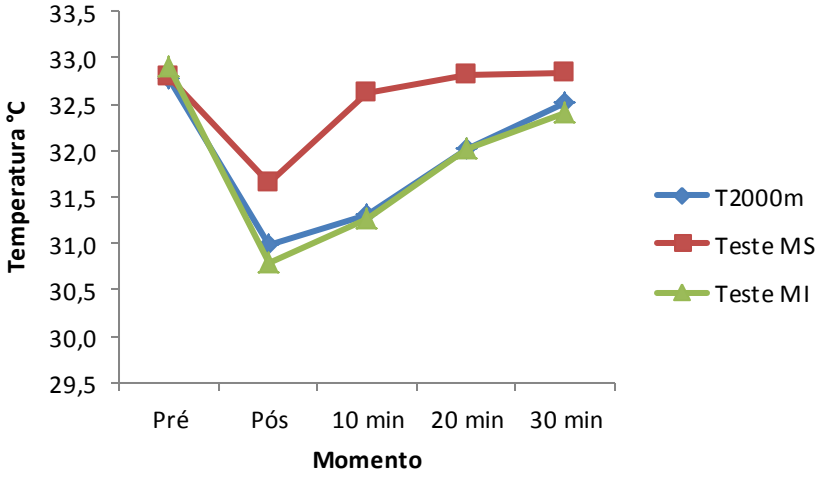


Figura 7. Resposta da T_P da RCI dorsal superior aos protocolos de exercício realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro.

Quadríceps

Houve diferença significativa entre os momentos [F (2,141; 109,187) = 37,758; p < 0,001, *r* = 0,97] e entre os testes [F (2, 51) = 6,201; p = 0,004, *r* = 0,87] na T_P do quadríceps, sendo o valor médio de T_P no T_{MS} menor em relação ao T_{2000m} (p < 0,01) e T_{MI} (p = 0,01). Houve uma interação significativa entre momento e teste [F (4,282; 109,187) = 7,915; p < 0,001, *r* = 0,80]. Esta interação mostrou que não houve diferença significativa entre os testes no *baseline* [F (2, 51) = 0,010; p = 0,990], bem como no momento exatamente após o exercício [F (2, 51) = 1,784; p = 0,178]. Além disso, a T_P do quadríceps entre o T_{2000m} e o T_{MI} foi igual em todos os momentos comparados (p = 1,0). Por outro lado, com 10 minutos de recuperação a T_P no T_{MS} foi inferior em relação ao T_{2000m} (p = 0,002) e ao T_{MI} (p = 0,003); com 20 minutos de recuperação a T_P no T_{MS} foi inferior em relação ao T_{2000m} e T_{MI} (p < 0,001), bem como no último momento da recuperação (p < 0,001). Nos três testes a T_P reduziu exatamente após o exercício (T_{2000m}, p = 0,032; T_{MI}, p = 0,005; T_{MS}, p = 0,002), contudo, no T_{2000m} e no T_{MI} a T_P retornou ao *baseline* 10 minutos após o término do exercício (p = 1,0), mantendo-se estável durante a recuperação, enquanto que no T_{MS} a T_P permaneceu abaixo do *baseline* durante toda a recuperação.

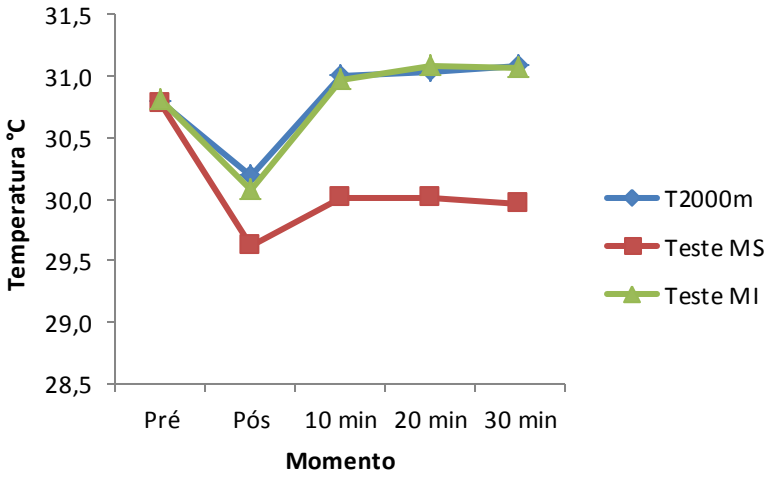


Figura 8. Resposta da T_P do quadríceps aos protocolos de exercício realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro.

Bíceps braquial

Houve diferença significativa entre os momentos [F (2,417; 123,282) = 34,404; p < 0,001, *r* = 0,96] e entre os testes [F (2, 51) = 42,176; p < 0,001, *r* = 0,97] na T_P do bíceps, sendo o valor médio de T_P no T_{2000m} e T_{MS} maior em relação ao T_{MI} (p < 0,001). Houve uma interação significativa entre momento e teste [F (4,835; 123,282) = 42,043; p < 0,001, *r* = 0,95]. Esta interação mostrou que não houve diferença significativa entre os testes no *baseline* [F (2, 51) = 0,573; p = 0,567]. Contudo, os escores médios no T_{2000m} e no T_{MS} aumentaram ao longo do tempo, sendo que a T_P foi superior no T_{MS} (p = 0,032) em relação ao T_{2000m} apenas no primeiro momento de recuperação (10 minutos após o exercício). Em contrapartida, a T_P reduziu e permaneceu abaixo do *baseline* no T_{MI}, de modo que o valor de T_P foi inferior aos valores dos demais testes (p < 0,001) exatamente após o exercício, bem como em todos os momentos da recuperação (p < 0,001).

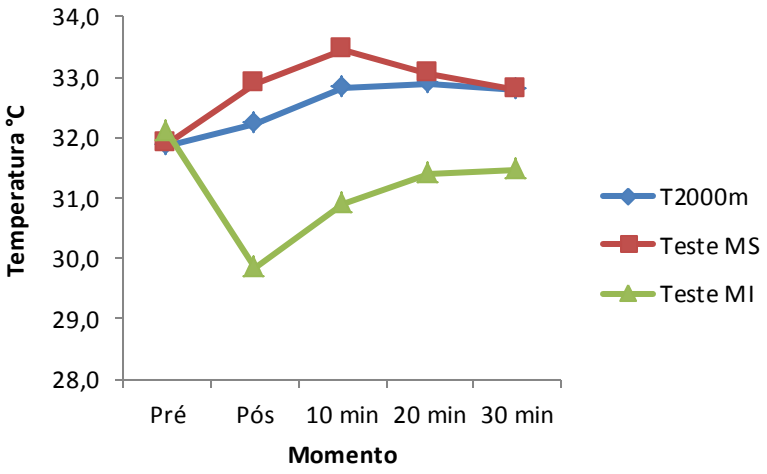


Figura 9. Resposta da T_P do bíceps braquial aos protocolos de exercício realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro.

Antebraço (anterior)

Houve diferença significativa entre os momentos [F (2,650; 135,128) = 34,087; p < 0,001, *r* = 0,96] e entre os testes [F (2, 51) = 11,333; p < 0,001, *r* = 0,92] na T_P do antebraço (anterior), sendo o valor médio de T_P no T_{MI} menor em relação ao T_{2000m} (p = 0,004) e T_{MS} (p < 0,001). Houve uma interação significativa entre momento e teste [F (5,299; 135,128) = 9,839; p < 0,001, *r* = 0,80]. Esta interação mostrou que não houve diferença significativa entre os testes no *baseline* [F (2, 51) = 0,145; p = 0,865]. Contudo, os escores médios no T_{2000m} e no teste de MS aumentaram ao longo do tempo, mantendo-se acima do *baseline*, sendo que a T_P foi superior no T_{MS} (p = 0,032) em relação ao T_{2000m} apenas no primeiro momento de recuperação (10 minutos após o exercício). Em contrapartida, a T_P reduziu após o exercício (p = 0,013) no T_{MI}, e retornou ao *baseline* após 10 minutos do término do exercício, mantendo-se estável durante toda a recuperação (p = 1,0). O valor de T_P no T_{MI} foi inferior aos valores dos demais testes no momento após o exercício e em todos os momentos da recuperação.

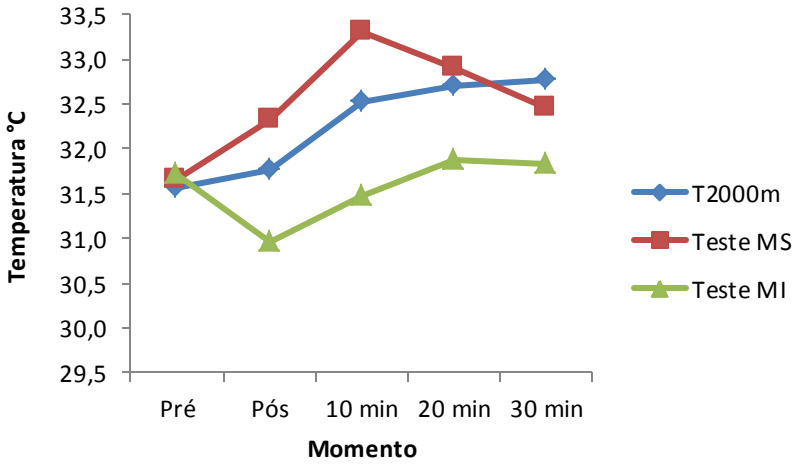


Figura 10. Resposta da T_P do antebraço (anterior) aos protocolos de exercício realizados com diferentes segmentos corporais em remoergômetro.

A tabela 5 apresenta um resumo dos resultados obtidos na análise estatística indicando se foram ou não encontradas diferenças significativas.

Tabela 5. Resumo dos resultados obtidos com relação ao efeito tempo, interação momento teste, T_P no repouso e restabelecimento térmico.

Região corporal de Interesse	Baseline	Efeito Tempo	Interação Momento Teste	Recuperação 30 min
Peitoral	Não	Sim	Não	T_{2000m} - Não T_{MS} - Não T_{MI} - Não
Dorsal superior	Não	Sim	Sim	T_{2000m} - Sim T_{MS} - Sim T_{MI} - Não
Quadríceps	Não	Sim	Sim	T_{2000m} - Sim T_{MS} - Não T_{MI} - Sim
Bíceps braquial	Não	Sim	Sim	T_{2000m} - Não T_{MS} - Não T_{MI} - Não
Antebraço	Não	Sim	Sim	T_{2000m} - Não T_{MS} - Não T_{MI} - Sim

3.6. Discussão

Diversos trabalhos anteriores estudaram o comportamento da T_P em exercícios de corrida em esteira [22,27,30,57] ou em cicloergômetro [1,7,10,78]. Contudo, não foi encontrado nenhum trabalho em remoergômetro na base de dados *Medline* com as palavras chaves *rowing and thermography*, o que torna estes resultados interessantes. O remoergômetro permite realizar o exercício com diferentes padrões biomecânicos, gerando assim a possibilidade de observar, indiretamente, por meio da termografia, como ocorre a mudança de fluxo sanguíneo corporal após o exercício e no seu período de recuperação. Desta forma, este é o primeiro trabalho que testou o efeito do exercício intenso realizado com diferentes segmentos corporais em remoergômetro na T_P.

A carga física de cada uma das formas de exercício pode ser considerada como de alta intensidade, tendo em vista que o QR $\geq$ 1 e a concentração de lactato $\geq$ 8 mmol.l^{-1} obtidos (Tabela 4) são critérios clássicos para caracterizar um esforço

máximo [25,26,40]. Pode-se considerar, desta maneira, que os três modelos de exercício foram de alta intensidade e geraram um elevado estresse térmico.

Tendo em vista que as condições ambientais podem interferir no processo de troca de calor e nos valores de T_P [29], cabe ressaltar que a temperatura da sala e umidade relativa foram mantidas estáveis nas três condições de testagem e não apresentaram diferenças significativas. Consequentemente, isto contribuiu para que cada avaliado reportasse percepções subjetivas de ambiente (ST e CT) semelhantes. As condições ambientais foram condizentes com as recomendações da diretriz de avaliação termográfica adotada neste estudo [6], conforme já ressaltado na metodologia.

Além disso, a possibilidade de um quadro de desidratação ter interferido na resposta térmica da pele pode ser desconsiderada, já que a produção de suor em todos os testes realizados neste estudo ocasionou uma perda de massa corporal inferior a 0,4%, valor este insuficiente para causar algum impacto negativo no equilíbrio hidroeletrolítico, em que se considera uma perda de 2% na massa corporal como valor crítico [62].

Algumas das RCI referentes aos principais grupos musculares recrutados durante o exercício de corpo inteiro em remoergômetro [63] (quadríceps, dorsal superior e braço) foram selecionadas para análise, além do peitoral, considerado uma região corporal neutra. O monitoramento termográfico nestas áreas permitiu observar os ajustes térmicos decorrentes do fator tempo e da forma de execução do exercício, tendo em vista que em todas as RCI analisadas houve diferença significativa na ação temporal e no tipo de exercício em algum momento analisado (exceto na RCI neutra) (Tabela 5), reforçando a ideia de que o exercício é um agente perturbador da homeostase térmica [37,45,46] e que os ajustes vasculares são específicos em função da região corporal exercitada [13].

É importante destacar que os valores basais de T_P foram iguais nos três protocolos quando cada RCI foi comparada entre si. Os valores de repouso verificados nas seis RCI estudadas estão em conformidade aos encontrados em outros estudos recentes [21,54], o que sinaliza um padrão de normalidade térmica da amostra. Do mesmo modo, não foi encontrada diferença significativa entre as condições de hidratação, glicemia e FC em repouso. Isto indica que cada participante

se apresentou em condições semelhantes para a realização dos protocolos experimentais e que as variações na T_P observadas foram induzidas pelos diferentes exercícios empregados.

Os resultados deste estudo demonstraram respostas térmicas diferenciadas em cada região corporal em função da variação nos segmentos corporais engajados durante os exercícios, exceto no peitoral. Este grupo muscular foi considerado como RCI controle por não ser motor primário nos exercícios em remoergômetro [63]. Consequentemente, a redução na T_P do peitoral exatamente após o exercício, sustentada abaixo do *baseline* durante toda a recuperação, foi equivalente entre os três tipos de exercício. Esta resposta é atribuída à menor atividade metabólica local e reduzido aporte sanguíneo em grupos musculares inativos, condições que sabidamente interferem na T_P [3,4].

Imediatamente após o término de todos os testes foi observada uma redução na T_P do quadríceps e da região dorsal superior, independente se foram grupos musculares ativos ou não durante o exercício. Estudos que monitoraram a T_P durante exercícios progressivos submáximos e testes progressivos realizados até a exaustão voluntária em cicloergômetro de membros inferiores reportaram uma diminuição na temperatura em regiões corporais inativas [1,71,78] e ativas [7,10] com o aumento da intensidade do exercício. Merla et al. [57] submeteram 15 homens a um teste máximo em esteira e verificaram reduções gradativas na T_P do antebraço, da região anterior do tronco e também do quadríceps, diretamente envolvido no exercício. Em contraste, recentemente foi demonstrado [61] um aumento na T_P do reto femoral e vasto lateral e manutenção da T_P no bíceps femoral e gastrocnêmio medial após um teste progressivo realizado até a exaustão em cicloergômetro de membros inferiores. É importante ressaltar que neste último estudo o suor foi removido nas RCI avaliadas previamente à obtenção dos termogramas, o que pode ter influenciado nos valores de temperatura obtidos.

A redução na temperatura da superfície corporal após o exercício tem sido atribuída à resposta de vasoconstrição cutânea reflexa no início do exercício, acentuada pelo maior estímulo simpático e liberação de catecolaminas e outros hormônios vasoconstritores com o aumento da intensidade [1,57,72,78]. Este ajuste visa atender a demanda hemodinâmica nos músculos esqueléticos ativos em

detrimento de regiões inativas como a pele e vísceras, sendo que o fluxo sanguíneo nos músculos ativos em exercícios máximos pode ser de 15 a 20 vezes maior que em condições de repouso [50,70]. Este mecanismo pode acarretar em uma menor temperatura inclusive na pele sobrejacente aos músculos ativos, porém ficou mais evidente nas RCI referentes aos músculos não engajados no exercício como, por exemplo, no peitoral (figura 6) em todos os testes, na região dorsal superior, bíceps braquial e antebraço durante o T_{MI} (figuras 7, 9 e 10, respectivamente) e no quadríceps durante o T_{MS} (figura 8).

Em contrapartida, outros autores [10,19,20] atribuíram a redução na T_P à capacidade de dissipação de calor da superfície corporal para o ambiente externo. A geração de calor associada à contração muscular durante o exercício dinâmico rapidamente eleva a temperatura central seguida por apropriados aumentos na sudorese [64,65]. A evaporação do suor possibilita a dissipação de calor para o ambiente e contribui para aumentar o gradiente térmico entre o core e a pele [17,44], o que também favorece a liberação de calor corporal. Portanto, o efeito de resfriamento evaporativo pode explicar a redução na T_P observada após o exercício na região dorsal superior e no quadríceps, interferindo na elevação térmica esperada sobre os músculos ativos [22,70,71] em função da produção de calor metabólico e de agentes vasodilatadores.

Apesar de ter sido apontada uma redução média na T_P do quadríceps após o T_{2000m} e T_{MI}, é importante destacar que esta resposta não foi consistente em todos os avaliados. Foram observados 6 casos no T_{2000m} e 6 no T_{MI} onde a temperatura se manteve estável ou aumentou em relação ao repouso, com variações de 0,1 °C a 1,6 °C. Já na região dorsal superior, cada voluntário apresentou redução térmica após todos os testes. Estas respostas diferenciadas são condizentes com o maior fluxo de sudorese na região dorsal em comparação à região anterior da coxa [69] e justifica a maior redução térmica observada na região dorsal superior após o T_{2000m} (1,8±0,9 °C) e T_{MS} (1,1±0,8 °C), em comparação ao quadríceps no T_{2000m} (0,6±1,0 °C) e T_{MI} (0,7±0,8 °C).

Distinguir a magnitude dos mecanismos de vasoconstrição cutânea e evaporação do suor na redução da T_P é uma tarefa complexa e deve ser um problema

investigado em trabalhos futuros. Portanto, assumimos que ambos os mecanismos são responsáveis pela redução na T_P observada após os exercícios.

Um terceiro fator que poderia contribuir com a diminuição na T_P é a perda convectiva de calor, tendo em vista que o movimento anteroposterior durante o T_{2000m} e T_{MI} proporciona uma contínua circulação de fluxo de ar para a pele. Contudo, a magnitude de redução na T_P do peitoral e quadríceps verificada após estes testes não foi superior à redução observada no T_{MS}, onde o mecanismo de convecção foi minimizado em função da postura estática do tronco e membros inferiores. Isso sugere que a convecção parece não ter exercido influência na redução térmica nestas RCI, diferentemente da região dorsal superior, onde a diminuição de temperatura após o exercício foi menor no T_{MS} quando comparado ao T_{MI}.

Se por um lado a redução na T_P após os testes foi observada no quadríceps e dorsal superior independente de serem ativos ou não, por outro, a dinâmica térmica durante o período de recuperação evidenciou diferenças interessantes entre os protocolos. O término do exercício é marcado pela diminuição no resfriamento evaporativo seguida de uma persistente vasodilatação periférica, o que tende a exacerbar a hiperemia em músculos previamente ativos [47]. Isto explica o restabelecimento térmico ocorrido com 10 minutos após o exercício nos testes onde o quadríceps e dorsal superior foram mais solicitados, enquanto que a T_P do quadríceps inativo permaneceu abaixo do *baseline*, bem como na região dorsal superior, não retornando aos valores de repouso no T_{MI} e se restabelecendo no T_{2000m} somente com 30 minutos de recuperação.

Mesmo com a diferente exigência na região dorsal superior entre o T_{2000m} e T_{MI}, as mudanças térmicas nesta RCI foram equivalentes entre estes testes, talvez pelo exercício de membros inferiores no remoergômetro não isolar totalmente esta região. O ato de segurar a barra exige uma contração isométrica estabilizadora durante todo o T_{MI}. Em relação ao quadríceps, como a variação na forma de execução entre o T_{2000m} e T_{MI} pouco altera o seu envolvimento, as mudanças térmicas entre estes testes foram equivalentes.

As respostas térmicas da pele aos exercícios no bíceps braquial e antebraço anterior foram muito parecidas, o que pode ser observado pela semelhança entre as figuras 9 e 10. Estas foram as únicas RCI que apresentaram elevações na T_P acima

dos valores de repouso. É sabido que a perfusão muscular aumenta em proporção direta à demanda metabólica [36,50,59]. Além disso, uma vasodilatação completa pode ser alcançada quando menores grupos musculares são ativos em exercícios máximos, como no $T_{MS,}$ enquanto que no exercício máximo de corpo inteiro a vasodilatação muscular é restringida pelo sistema simpático como meio de manter a pressão arterial média e evitar hipotensão [13,14]. Assim, a maior demanda metabólica e maior capacidade de vasodilatação no exercício isolado de MS pode explicar o aumento na T_P exatamente após o T_{MS} (não observado no T_{2000m}) e também a maior elevação térmica na recuperação do T_{MS} em comparação ao T_{2000m}. Por outro lado, quando o braço esteve inativo foram observadas reduções na T_P após o exercício, permanecendo abaixo do baseline durante toda a recuperação no bíceps e retornando ao *baseline* com 10 minutos de recuperação no antebraço.

Recentemente foi reportado que a termografia pode servir como um método indireto para estimar a efetividade da recuperação pós-esforço e que o período de 30 minutos de recuperação deve permitir que a T_P retorne aos níveis de repouso [2]. Entretanto, ao longo dos 30 minutos de recuperação as RCI analisadas apresentaram comportamentos interessantes em função do tipo de exercício realizado. Um total de 5 RCI voltou aos valores semelhantes (diferenças não significativas $p<0,05$) aos níveis de repouso, enquanto que 4 RCI estiveram acima e outras 6 abaixo do valor de repouso. Isto significa que os exercícios propostos de alta intensidade com duração em torno de 500 segundos e com 30 minutos de recuperação é suficiente para um retorno da homeostase da T_P apenas em grandes grupos musculares engajados no exercício (quadríceps e dorsal superior), mas não nos braços que permaneceram com fluxo de calor elevado, ou nos grupos musculares inativos que permaneceram com valores térmicos abaixo do repouso.

É importante destacar que alterações na T_P relacionadas ao efeito da carga de treinamento têm sido reportadas dentro de um período de 8 h [30] e 24 h e 48 h após o exercício [5,8,9]. Portanto, as considerações sobre o comportamento térmico durante o período de recuperação neste estudo se restringem ao tempo de 30 minutos de monitoramento termográfico realizado após o exercício.

É possível considerar como fator limitante do estudo a ausência do registro da temperatura interna, o que poderia aportar informações interessantes do

comportamento dos ajustes térmicos centrais. Contudo, este estudo contribuiu para a melhor compreensão de mecanismos hemodinâmicos e de termorregulação durante o exercício intenso em remoergômetro realizado com diferentes segmentos corporais. É importante ressaltar que os participantes deste estudo foram indivíduos fisicamente ativos, porém não remadores. Portanto, a resposta térmica da pele de indivíduos bem adaptados ao remoergômetro pode ser diferente.

Estudos posteriores devem comparar a resposta térmica da pele entre indivíduos com diferente condicionamento físico e verificar a associação entre parâmetros de condicionamento físico, como o VO_2 máximo, e a resposta da T_P. Tendo em vista que indivíduos treinados apresentam melhor aporte de fluxo sanguíneo para os músculos ativos [75], bem como melhor capacidade de dissipação de calor para o ambiente [51], respostas da T_P diferenciadas entre indivíduos com diferente nível de condicionamento físico seriam esperadas.

3.7. Conclusão

Em conclusão, o exercício de alta intensidade em remoergômetro realizado com diferentes segmentos corporais proporciona uma resposta térmica da pele específica ao longo do tempo e de diferente magnitude em cada RCI avaliada. Foi possível estabelecer que a forma de movimentação corporal interfere no padrão das respostas térmicas da pele, principalmente quando a solicitação do quadríceps, dorsal superior e braço é alterada com as variações de exercício.

Imediatamente finalizado o exercício existe uma marcada tendência de redução na temperatura da pele em grandes grupos musculares quando comparado aos valores de repouso. As RCI que apresentaram as maiores quedas foram o peitoral e dorsal superior, enquanto que o bíceps braquial e antebraço mantiveram os valores basais após o exercício de corpo inteiro (T_{2000m}) e apresentaram uma elevação na temperatura no exercício T_{MS}, indicando que o nível de atividade metabólica da musculatura atuante pode interferir neste comportamento.

Durante o período de recuperação, os grandes grupos musculares mais solicitados apresentaram restauração térmica no primeiro momento da recuperação, enquanto regiões inativas permaneceram abaixo do *baseline* ou apresentaram

restauração térmica atrasada. Nos braços, a T_P aumenta acima do *baseline* com maior magnitude no T_{MS} em comparação ao T_{2000m}, permanecendo elevada de modo equivalente em ambos os testes nos demais momentos da recuperação, enquanto no T_{MI} permanece abaixo dos valores de repouso no bíceps braquial e retorna à condição de repouso no antebraço 10 minutos após o exercício.

O período de 30 minutos de recuperação após o exercício de alta intensidade e curta duração é suficiente para um retorno da homeostase da T_P em grandes grupos musculares solicitados durante o exercício, mas não no braço ou em RCI inativas.

3.8. Referências

1. Abate M, Di Carlo L, Di Donato L, Romani GL, Merla A. Comparison of cutaneous termic response to a standardised warm up in trained and untrained individuals. J Sports Med Phys Fitness 2013; 53: 209-215
2. Adamczyk JG, Boguszewski D, Siewierski M. Thermographic evaluation of lactate level in capillary blood during post-exercise recovery. Kinesiology 2014; 46: 186-193
3. Akimov E, Andreev R, Arkov V, Kirdin A, Saryanc V, Sonkin V, Tonevitsky A. Thermal "portrait" of sportsmen with different aerobic capacity. AKUT 2009; 14: 7-16
4. Akimov EB, Andreev RS, Kalenov Iu N, Kirdin AA, Son'kin VD, Tonevitskii AG. Human temperature portrait and its relations with aerobic working capacity and the level of blood lactate. Fiziol Cheloveka 2010; 36: 89-101
5. Al-Nakhli HH, Petrofsky JS, Laymon MS, Berk LS. The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. J Vis Exp 2012; 59: e3551
6. Ammer K, Ring EF. Standard Procedures for Infrared Imaging in Medicine. In: Bronzino JD. Medical Systems and Devices. Boca Raton: CRC Press 2006: 1-14
7. Arfaoui A, Bertucci W, Letellier T, Polidori G. Thermoregulation during incremental exercise in master cycling. J Sci Cycling 2014; 3: 33-41
8. Bandeira F, Moura MAM, Souza MA, Nohama P, Neves EB. Can thermography aid in the diagnosis of muscles injury in soccer athletes? Rev Bras Med Esporte 2012; 18: 246-251
9. Bandeira F, Neves EB, Moura MAM, Nohama P. The thermography in support for diagnosis of muscle injury in sport. Rev Bras Med Esporte 2014; 20: 59-64
10. Bertucci W, Arfaoui A, Janson L, Polidori G. Relationship between the gross efficiency and muscular skin temperature of lower limb in cycling: a

preliminary study. Comput Methods Biomech Biomed Engin 2013; 16 Suppl 1: 114-115

11. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc 1982; 14: 377-381

12. Brioschi ML, Macedo JF, Macedo RdAC. Skin thermometry: news concepts. J Vasc Bras 2003; 2: 151-160

13. Calbet JA, Jensen-Urstad M, van Hall G, Holmberg HC, Rosdahl H, Saltin B. Maximal muscular vascular conductances during whole body upright exercise in humans. J Physiol 2004; 558: 319-331

14. Calbet JA, Lundby C. Skeletal muscle vasodilatation during maximal exercise in health and disease. J Physiol 2012; 590: 6285-6296

15. Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BS, Roberts WO, Stone JA. National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. J Athl Train 2000; 35: 212-224

16. Cerne T, Kamnik R, Vesnicer B, Zganec Gros J, Munih M. Differences between elite, junior and non-rowers in kinematic and kinetic parameters during ergometer rowing. Hum Mov Sci 2013; 32: 691-707

17. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. J Appl Physiol 2010; 109: 1221-1228

18. Chisholm DM, Collis ML, Kulak LL, Davenport W, Gruber N. Physical activity readiness. BCMJ 1975; 17: 375-378

19. Chudecka M, Lubkowska A. Temperature changes of selected body's surfaces of handball players in the course of training estimated by thermovision, and the study of the impact of physiological and morphological factors on the skin temperature. J Therm Biol 2010; 35: 379-385

20. Chudecka M, Lubkowska A. 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. Hum Mov 2012; 13: 33-39

21. Chudecka M, Lubkowska A. Thermal maps of young women and men. Infrared Phys Technol 2015; 69: 81-87

22. Clark RP, Mullan BJ, Pugh LG. Skin temperature during running--a study using infra-red colour thermography. J Physiol 1977; 267: 53-62

23. Costa CMA. Técnicas de mensuração da temperatura corporal: uma especial atenção para as variações da temperatura da pele mensuradas por termografia ao longo do dia [Dissertação]. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa; 2012

24. Crandall CG, Wilson TE, Kregel KC. Mechanisms and modulators of temperature regulation. J Appl Physiol 2010; 109: 1219-1220

25. Davis JA, Storer TW, Caiozzo VJ, Pham PH. Lower reference limit for maximal oxygen uptake in men and women. Clin Physiol Funct Imaging 2002; 22: 332-338

26. Edvardsen E, Hem E, Anderssen SA. End criteria for reaching maximal oxygen uptake must be strict and adjusted to sex and age: a cross-sectional study. PloS One 2014; 9: e85276

27. Fernandes AA, Amorim PR, Brito CJ, de Moura AG, Moreira DG, Costa CM, Sillero-Quintana M, Marins JC. Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. Physiol Meas 2014; 35: 189-203

28. Fernandes AA, Amorim PRS, Prímola-Gomes TN, Sillero-Quintana M, Fernández Cuevas I, Silva RG, Pereira JC, Marins JCB. Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: uma revisão sistemática. Rev Andal Med Deporte 2012; 5: 113-117

29. Fernández-Cuevas I, Bouzas Marins JC, Arnáiz Lastras J, Gómez Carmona PM, Piñonosa Cano S, García-Concepción MÁ, Sillero-Quintana M. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. Infrared Phys Technol 2015; 71: 28-55

30. Fernández-Cuevas I, Sillero-Quintana M, Garcia-Concepcion MA, Serrano JR, Gomes-Carmona P, Marins JCB. Monitoring skin thermal response to training with infrared thermography. New Stud Athlet 2014; 29: 57-71

31. Ferreira JJ, Mendonca LC, Nunes LA, Andrade Filho AC, Rebelatto JR, Salvini TF. Exercise-associated thermographic changes in young and elderly subjects. Ann Biomed Eng 2008; 36: 1420-1427

32. Formenti D, Ludwig N, Gargano M, Gondola M, Dellerma N, Caumo A, Alberti G. Thermal imaging of exercise-associated skin temperature changes in trained and untrained female subjects. Ann Biomed Eng 2013; 41: 863-871

33. Field A. Discovering statistics using SPSS. 3 ed: Sage, 2009

34. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, Nieman DC, Swain DP. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. Med Sci Sports Exerc 2011; 43: 1334-1359

35. Gee TI, French DN, Gibbon KC, Thompson KG. Consistency of pacing and metabolic responses during 2000-m rowing ergometry. IJSPP 2013; 8: 70-76

36. Gomes MB, Lerario AC, Milech A, Angelucci AP, Golbert A, Carrilho AJF. Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes. Sociedade Brasileira de Diabetes 2009

37. Gonzalez-Alonso J. ATP as a mediator of erythrocyte-dependent regulation of skeletal muscle blood flow and oxygen delivery in humans. J Physiol 2012; 590: 5001-5013

38. Gonzalez-Alonso J, Crandall CG, Johnson JM. The cardiovascular challenge of exercising in the heat. J Physiol 2008; 586: 45-53

39. Hernandez AJ, Nahas RM, Rodrigues T, Meyer F, Zogaib P, Lazolli JK, Magni JRT, Marins JCB, Carvalho T, Drummond FA, Daher SS. Dietary

changes, water replacement, food supplements and drugs: evidence of ergogenic action and potential health risks. Rev Bras Med Esporte 2009; 15: 3-12

40. Holwerda SW, Restaino RM, Fadel PJ. Adrenergic and non-adrenergic control of active skeletal muscle blood flow: Implications for blood pressure regulation during exercise. Auton Neurosci 2015; 188: 24-31

41. Howley ET, Bassett DR, Jr., Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. Med Sci Sports Exerc 1995; 27: 1292-1301

42. Hunold S, Mietzsch E, Werner J. Thermographic studies on patterns of skin temperature after exercise. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1992; 65: 550-554

43. Jackson A, Pollock M. Generalized equations for predicting body density of men. The Br J Nutr 1978; 40: 497-504

44. Jiang LJ, Ng EY, Yeo AC, Wu S, Pan F, Yau WY, Chen JH, Yang Y. A perspective on medical infrared imaging. J Med Eng Technol 2005; 29: 257-267

45. Jiao J, Yao L, Lia Y, Wong SH-S, Ng FS-F, Teng Y, Guo Y. Thermal physiology and local responses of human body during exercise in hot conditions. JFBI 2012; 5: 115-124

46. Johnson JM. Exercise in a hot environment: the skin circulation. Scand J Med Sci Sports 2010; 20 Suppl 3: 29-39

47. Johnson JM, Kellogg DL, Jr. Thermoregulatory and thermal control in the human cutaneous circulation. Front Biosci 2010; 2: 825-853

48. Journeay WS, Carter R, 3rd, Kenny GP. Thermoregulatory control following dynamic exercise. Aviat Space Environ Med 2006; 77: 1174-1182

49. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. Ann Med Exp Biol Fenn 1957; 35: 307-315

50. Kenny GP, Journeay WS. Human thermoregulation: separating thermal and nonthermal effects on heat loss. Front Biosci 2010; 15: 259-290

51. Laughlin MH, Davis MJ, Secher NH, van Lieshout JJ, Arce-Esquivel AA, Simmons GH, Bender SB, Padilla J, Bache RJ, Merkus D, Duncker DJ. Peripheral circulation. Compr Physiol 2012; 2: 321-447

52. Lee JB, Kim TW, Min YK, Yang HM. Long distance runners present upregulated sweating responses than sedentary counterparts. PloS One 2014; 9: e93976

53. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart ALC. International Standards for Anthropometric Assessment. South Africa: Potchefstroom; 2006

54. Marins JCB, Fernandes A A, Moreira DG, Silva FS, Costa CMA, Pimenta EM, Sillero-Quintana M. Thermographic profile of soccer players' lower limbs. Rev Andal Med Deporte 2014; 7: 1-6

55. Marins JCB, Fernandes AA, Cano SP, Moreira DG, Silva FS, Costa CMA, Fernandez-Cuevas I, Sillero-Quintana M. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). J Therm Biol 2014; 42: 1-8

56. Marins JCB, Moreira DG, Cano SP, Quintana MS, Soares DS, Fernandes AA, Silva FS, Costa CMA, Amorim PRS. Time required to stabilize thermographic images at rest. Infrared Phys Technol 2014; 65: 30-35

57. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003

58. Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. Ann Biomed Eng 2010; 38: 158-163

59. Moreira DG. Termografia corporal em repouso de homens e mulheres [Dissertação]. Viçosa Universidade Federal de Viçosa; 2011:

60. Mortensen SP, Saltin B. Regulation of the skeletal muscle blood flow in humans. Exp Physiol 2014; 99: 1552-1558

61. Niu HH, Lui PW, Hu JS, Ting CK, Yin YC, Lo YL, Liu L, Lee TY. Thermal symmetry of skin temperature: normative data of normal subjects in Taiwan. Chin Med J 2001; 64: 459-468

62. Priego Quesada JI, Carpes FP, Bini RR, Salvador Palmer R, Perez-Soriano P, Cibrian Ortiz de Anda RM. Relationship between skin temperature and muscle activation during incremental cycle exercise. J Therm Biol 2015; 48: 28-35

63. Sawka MN, Cheuvront SN, Kenefick RW. High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. Exp Physiol 2012; 97: 327-332

64. Shaharudin S, Zanotto D, Agrawal S. Muscle Synergies of Untrained Subjects during 6 min Maximal Rowing on Slides and Fixed Ergometer. J Sports Sci Med 2014; 13: 793-800

65. Shibasaki M, Crandall CG. Mechanisms and controllers of eccrine sweating in humans. Front Biosci 2010; 2: 685-696

66. Shibasaki M, Wilson TE, Crandall CG. Neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. J Appl Physiol 2006; 100: 1692-1701

67. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. Nutrition 1961; 9: 480-491

68. Soper C, Hume PA. Reliability of power output during rowing changes with ergometer type and race distance. Sports Biomech 2004; 3: 237-248

69. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. J Am Coll Cardiol 2001; 37: 153-156

70. Taylor NA, Machado-Moreira CA. Regional variations in transepidermal water loss, eccrine sweat gland density, sweat secretion rates and electrolyte composition in resting and exercising humans. Extrem Physiol Med 2013; 2: 4

71. Taylor NAS, Tipton MJ, Kenny GP. Considerations for the measurement of core, skin and mean body temperatures. J Therm Biol 2014; 46: 72-101

72. Torii M, Yamasaki M, Sasaki T, Nakayama H. Fall in skin temperature of exercising man. Br J Sports Med 1992; 26: 29-32

73. Vainer BG. FPA-based infrared thermography as applied to the study of cutaneous perspiration and stimulated vascular response in humans. Phys Med Biol 2005; 50: R63-94

74. Vardasca R. Thermal symmetry of the limbs in healthy subjects. Thermol Int 2011; 21: 146

75. Vargas JVC, Brioschi ML, Dias FG, Parolin MB, Mulinari-Brenner FA, Ordonez JC, Colman D. Normalized methodology for medical infrared imaging. Infrared Phys Technol 2009; 52: 42-47

76. Volianitis S, Yoshiga CC, Nissen P, Secher NH. Effect of fitness on arm vascular and metabolic responses to upper body exercise. Am J Physiol Heart Circ Physiol 2004; 286: H1736-1741

77. Yasuoka A, Kubo H, Tsuzuki K, Isoda N. Interindividual differences in thermal comfort and the responses to skin cooling in young women. J Therm Biol 2012; 37: 65-71

78. Zaproudina N, Varmavuo V, Airaksinen O, Narhi M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. Physiol Meas 2008; 29: 515-524

79. Zontak A, Sideman S, Verbitsky O, Beyar R. Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. Ann Biomed Eng 1998; 26: 988-993

4. Artigo 3 – Resposta térmica da pele ao exercício em remoergômetro de alta *versus* moderada intensidade em homens fisicamente ativos.

4.1. Resumo

Objetivo: Analisar a resposta térmica da pele antes, exatamente após e no período de recuperação do exercício intenso de curta duração e moderado prolongado em remoergômetro, além de verificar se as alterações de T_P ao longo dos momentos são equivalentes entre os dois tipos de exercício.

Método: Um total de 18 homens (21,5±2,3 anos, 77,5±8,1 kg, 179,5±5,6 cm, 10,8±4,7 %G) foi submetido a um teste máximo com distância de 2000 m (T_{2000m}) e a um protocolo de exercício moderado de carga constante em dias distintos. Após aclimatação, foram obtidos termogramas (anterior e posterior) do tronco/membros superiores e membros inferiores antes, exatamente após os protocolos e com 10, 20 e 30 minutos de recuperação (REC-10min, REC-20min, REC-30min). A temperatura da pele (T_P) das regiões corporais de interesse (RCI) do peitoral, abdômen, dorsal superior, lombar, bíceps braquial, antebraço, quadríceps, isquiotibiais e panturrilhas foi obtida no software *FLIR tools*. O teste de Shapiro-Wilk foi usado para analisar a normalidade dos dados. A ANOVA *Two-Way* foi usada para comparar os valores de T_P, seguida do post hoc de Tukey. Em todos os procedimentos foi adotado $p<0,05$.

Resultados: Não foi encontrada diferença significativa na T_P em repouso quando cada RCI foi comparada entre si ($p>0,05$), exceto no peitoral e dorsal superior ($p<0,05$). Ao longo dos momentos foram observadas alterações térmicas em todas as RCI nos dois protocolos de exercício ($p<0,001$). As variações no peitoral, dorsal superior e abdômen não foram equivalentes entre os exercícios (interação significativa, $p<0,05$), enquanto as demais RCI apresentaram respostas térmicas equivalentes entre os protocolos (sem interação significativa, $p>0,05$). Exatamente após os dois exercícios a T_P reduziu em todas as RCI do tronco e membros inferiores, enquanto nos membros superiores a T_P se manteve estável em relação ao repouso. Durante os 30 minutos de recuperação a T_P retornou ao valor de repouso no quadríceps, isquiotibiais, dorsal superior e abdômen nos dois exercícios. Nas panturrilhas e lombar a T_P permaneceu abaixo do valor de repouso enquanto nos membros superiores os valores elevaram acima do repouso durante a recuperação. O peitoral apresentou um restabelecimento térmico apenas no exercício moderado, enquanto no exercício máximo a T_P permaneceu abaixo do valor de repouso.

Conclusão: o exercício máximo de curta duração e moderado prolongado em remoergômetro proporcionam respostas térmicas diferenciadas ao longo do tempo nas RCI do peitoral, dorsal superior e abdômen. Nas RCI do tronco e membros superiores as respostas térmicas são equivalentes entre os exercícios.

Palavras chave: termografia, remoergômetro, temperatura da pele, termorregulação.

4.2. Abstract

TITLE: Skin Thermal Response to High versus Moderate-Intensity Rowing Ergometer Exercise in Physically Active Men.

Objective: Analyze the skin thermal response before, immediately after and during the recovery period of intense exercise of short duration and prolonged moderate exercise performed in rowing ergometer, in addition to verify if the thermal changes over time are equivalent between the exercises.

Method: A total of 18 men (21.5±2.3 years old, 77.5±8.1 kg, 179.5±5.6 cm, 10.8±4.7 % body fat) underwent to a maximal test over 2000 m distance (T_{2000m}) and to a moderate exercise protocol of constant load on different days. After acclimatization, thermograms (anterior and posterior) of trunk/upper limbs and lower limbs were taken before, immediately after tests and within 10, 20 and 30 minutes of recovery period (REC-10min, REC-20min, REC-30min). The skin temperature (T_{Sk}) on Regions of Interest (ROI) of chest, abdomen, upper back, lower back, biceps brachial, forearm, quadriceps, hamstring and calf was obtained with the FLIR tools software. The Shapiro-Wilk test was used to analyze the normality of the datas. The Two-Way ANOVA was used to compare the values of skin temperature with the Tukey post hoc. The level of significance for all procedures was set at $p<0.05$.

Results: Significant difference was not found in the rest T_{Sk} when each body region was compared between itself ($p>0.05$), except in the chest and upper back ($p>0.05$). Changes in T_{Sk} over time were observed in all ROI in the two exercise protocols ($p<0.001$). The changes in the chest, abdomen and upper back were not equivalent between the exercises (significant interaction, $p<0.05$), while the others ROI present equivalent thermal responses between the protocols (no significant interaction, $p>0.05$). Immediately after the two exercises the T_{Sk} decreased on all ROI of the trunk and lower limbs, while the T_{Sk} on upper limbs did not change in relation to the baseline. During 30 minutes of recovery the T_{Sk} on quadriceps, hamstring, upper back and abdomen returned to the baseline in the two exercise protocols. The T_{Sk} on calves and low back remained lower than the baseline, while the T_{Sk} values on upper limbs increased during the recovery period of the two protocols. The chest presented a thermal restoration only in the moderate exercise, while in the maximal exercise the T_{Sk} remained lower than the baseline.

Conclusion: The maximal exercise of short duration and moderate prolonged in rowing ergometer provided different thermal responses over time on ROI of chest, abdomen and upper back. On ROI of trunk and upper limbs the thermal responses are equivalent between the exercises.

Key words: thermography, rowing ergometer, skin temperature, thermoregulation.

4.3. Introdução

Ajustes no sistema cardiovascular são necessários durante o exercício para coordenar o fornecimento de oxigênio e nutrientes para os músculos esqueléticos ativos. Os mecanismos de vasoconstrição em tecidos não ativos, como vísceras e pele, e a aumentada condutância vascular nos músculos esqueléticos engajados no exercício são essenciais para a redistribuição do débito cardíaco para os músculos ativos [38,50].

O excesso de calor metabólico gerado pela contração muscular rapidamente eleva a temperatura interna e estimula a transferência de calor para a superfície corporal, por meio da vasodilatação cutânea, e a produção de suor [48,63,64]. A evaporação do suor reduz a temperatura da pele (T_P) e aumenta o gradiente térmico entre o core e a pele, sendo o principal mecanismo de dissipação de calor para o ambiente durante o exercício [15,43]. Esse mecanismo é fundamental no controle da temperatura interna, evitando assim um quadro de hipertermia.

Tendo em vista que a pele desempenha um papel importante nos processos termorregulatórios e hemodinâmicos e representa uma interface pela qual ocorre permuta de calor entre o corpo e o ambiente, o monitoramento térmico da superfície corporal em condições de exercício pode proporcionar informações interessantes sobre o complexo sistema termorregulatório humano [7,26]. A T_P é determinada por fatores como a atividade metabólica do tecido sobrejacente à pele, fluxo sanguíneo local e intensidade de perspiração [3,4,69], sendo esperado, portanto, que a ação de mecanismos termorregulatórios e hemodinâmicos durante o exercício induzam alterações na T_P [57,73].

Nesse sentido, os efeitos do exercício sobre a T_P têm sido estudados por meio da termografia infravermelha, que nos permite estimar a distribuição da temperatura cutânea e suas variações ao longo do tempo de maneira quantitativa e qualitativa [1] com alta precisão e sensibilidade, de modo não invasivo, livre de contato físico e sem qualquer efeito nocivo ao avaliado [12,72]. Desta forma, é possível analisar a dinâmica das respostas térmicas cutâneas em uma visão global ou em regiões corporais de interesse (RCI) específicas em diversos tipos de exercício.

Zontak et al. [73] demonstraram que as mudanças na T_P dependem do tipo de exercício realizado, sendo observada uma redução proporcional à intensidade do esforço durante o exercício progressivo máximo em cicloergômetro, associada à vasoconstrição periférica, enquanto no exercício moderado a redução na T_P no início do exercício foi seguida de um reaquecimento, refletindo a transferência de calor para a superfície corporal. Este foi um dos poucos trabalhos que comparou o efeito do exercício realizado com diferente intensidade e duração na T_P e, infelizmente, o monitoramento térmico foi limitado apenas à RCI das mãos. Já no trabalho de Merla et al. [57] foi observado que as alterações na T_P induzidas pelo exercício progressivo máximo em esteira são específicas para cada RCI (tronco, membros inferiores e antebraço), de modo que se faz necessária a realização de estudos que analisem diversas RCI e forneçam informações mais globais.

Os trabalhos que avaliaram a resposta térmica da pele foram realizados, em sua maioria, em exercícios de corrida e em cicloergômetro de membros inferiores [1,7,10,20,25,41,73]. São escassos os estudos que avaliaram exercícios realizados em outros tipos de ergômetro como o remoergômetro. Em uma busca recente na base de dados *Medline,* finalizada em 22/05/2015, não foram encontrados trabalhos com as palavras chave *rowing ergometer* e *thermography*. Assim, é importante estabelecer a maneira como os ajustes térmicos da pele ocorrem durante este tipo de exercício, tendo em vista que o exercício em remoergômetro possui um gesto técnico específico com solicitação simultânea de membros inferiores, tronco e membros superiores, implicando em respostas metabólicas diferenciadas em relação ao exercício de membros inferiores.

Diante da importância da T_P na termorregulação humana, sua mensuração permite obter informações sobre o complexo sistema de controle térmico, tornando-se imprescindível nos estudos de termorregulação. Portanto, o presente estudo poderá fornecer informações para melhor compreensão do sistema termorregulatório humano, no que diz respeito à T_P, ao estabelecer os seus ajustes térmicos decorrentes do exercício realizado com diferente intensidade e duração em remoergômetro.

O objetivo deste estudo foi analisar e comparar a resposta da T_P antes, imediatamente depois e durante o período de recuperação de dois tipos de exercício

em remoergômetro, sendo um de curta duração e alta intensidade frente a outro de longa duração e moderada intensidade.

4.4. Materiais e métodos

Amostra

Participaram deste estudo 18 homens (21,6 ± 2,4 anos, 77,7 ± 8,1 kg, 179,3 ± 5,7 cm, 10,1 ± 4,4 % de gordura corporal) fisicamente ativos e aparentemente saudáveis. Como critérios de inclusão os avaliados deviam apresentar respostas negativas ao *Physical Activity Readiness Questionnarie* - PARq [16], ser classificados com risco coronariano abaixo da média, conforme avaliação proposta pela *Michigan Heart Association* [56], além de ser considerados fisicamente ativos, segundo os critérios do *American College of Sports Medicine* [30].

Como a T_P sofre interferência de fatores internos e externos, as seguintes condições foram consideradas critérios de exclusão:

a. Tabagistas;
b. Histórico de problemas renais;
c. Lesão osteomioarticular nos últimos dois meses ou que apresentarem alguma sintomatologia;
d. Quadro de queimaduras na pele, independentemente do grau nas áreas corporais que serão avaliadas;
e. Sintomatologia de dor em alguma região corporal;
f. Quadro febril nos últimos sete dias;
g. Estar em tratamento fisioterápico ou dermatológico com cremes, pomadas ou loções de uso local;
h. Consumo de medicamentos como antitérmicos ou diurético, ou algum suplemento alimentar com potencial interferência na homeostase hídrica ou temperatura corporal nas últimas duas semanas.

Após a triagem inicial os voluntários foram esclarecidos sobre a dinâmica e procedimentos do estudo, e após a sua compreensão todos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (n° do parecer 782.177), atendendo assim a Legislação Brasileira para pesquisa com seres humanos.

Procedimentos

Os procedimentos do estudo foram realizados nas instalações do Laboratório de Performance Humana da UFV. O estudo envolveu uma dinâmica de 4 etapas: 1) avaliação antropométrica; 2) Familiarização ao remoergômetro e ao teste de 2000 m; 3) Aplicação do protocolo de exercício intenso composto pelo teste de 2000 m, onde os parâmetros fisiológicos obtidos (picos do consumo de oxigênio e frequência cardíaca) foram utilizados para a prescrição de carga na etapa seguinte; 4) Protocolo de exercício aeróbico moderado.

Com o intuito de minimizar possíveis interferências de variações circadianas na coleta de dados [21], o horário dos protocolos nas etapas 3 e 4 foi mantido para cada avaliado. Os participantes foram orientados a manter os hábitos alimentares e ingerir aproximadamente 500 ml de água duas horas antes dos procedimentos, visando garantir um *status* adequado de hidratação, conforme a recomendação da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte [36].

Foi considerado como fator impeditivo para iniciar os experimentos o nível de densidade da urina superior a 1020, condição que sinaliza um estado de desidratação [13]. A densidade da urina foi verificada por refratômetro portátil (Atago, a300, Ribeirão Preto, Brasil), sendo os avaliados orientados a descartar o primeiro jato de urina e coletar uma amostra da urina subsequente em recipiente plástico e esterilizado. Além disso, previamente ao início do experimento, os avaliados deveriam apresentar glicemia entre 60 e 100 mg/dl [32]. A glicemia foi verificada (Roche, Accu-Chek Performa, Indianapolis, EUA) com a segunda gota de sangue capilar obtida da ponta do dedo, o qual foi limpo previamente com álcool e

secado com algodão, sendo as lancetas utilizadas descartadas imediatamente após o uso.

A seguir são apresentados com mais detalhes cada uma das etapas do estudo.

Avaliação antropométrica

A primeira etapa compreendeu uma avaliação antropométrica realizada para caracterização da amostra, onde foram mensuradas a massa corporal (kg) (Filizola, ID-M 150/4, São Paulo, Brasil), estatura (cm) (Sanny, Standard, São Bernardo do Campo, Brasil) além das dobras cutâneas (mm) do peitoral, abdômen e coxa, utilizando um compasso científico (Cescorf, Top Tec, Porto Alegre, Brasil). A equação de Jackson e Pollock [42] foi utilizada para calcular a densidade corporal, sendo o percentual de gordura estimado pela equação de Siri [65]. As medidas antropométricas foram obtidas conforme as recomendações da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* [51] sendo o registro e processamento dos dados realizados no Software Avaesporte® (Esportes Sistemas, MG, Brasil).

Protocolo de familiarização ao remoergômetro e ao teste de 2000 m (T_{2000m})

Tendo em vista que o exercício no remoergômetro representa uma habilidade motora complexa [14], os voluntários foram familiarizados ao ergômetro (Matrix, Air Rower, Cottage Grover, EUA) com duas sessões de exercício leve, com duração de 15 minutos, em dias diferentes. A figura 1 apresenta a execução do exercício em remoergômetro, que envolve uma movimentação coordenada entre membros inferiores, tronco e membros superiores.

Figura 1. Execução do exercício em remoergômetro: a) posição inicial; b) extensão dos joelhos; c) flexão dos cotovelos.

Na terceira visita os indivíduos realizaram uma simulação do T_{2000m}, considerado como um teste de familiarização, sendo orientados a percorrer a distância de 2000 m no menor tempo possível, seguindo a orientação de Gee et al. [31] e Soper e Hume [67].

Superada essa fase, os avaliados deram continuidade às demais etapas do estudo, após um período mínimo de 48 h e máximo de 1 semana.

Protocolo do T_{2000m}

A terceira etapa teve início com os participantes submetidos ao T_{2000m}, sendo orientados a percorrer a distância de 2000 m de maneira contínua no menor tempo possível [31,67], após um aquecimento leve de 5 minutos. A frequência cardíaca (FC) no aquecimento foi de 50% da FCM (FC máxima) estimada pela equação de Tanaka et al. [68] [208 - 0,7 $_x$ idade] e foi ajustada considerando o valor de FC de reserva, conforme equação estipulada por Karvonen et al. [47] [FC de treino = (FCM - $FC_{repouso}$) $_x$ % de intensidade + ($FC_{repouso}$)].

Durante o protocolo, parâmetros de troca gasosa respiratória foram obtidos a cada respiração, por meio de um analisador de gases metabólicos (MedGraphics, Ultima^{TM}, Saint Paul, EUA). O maior valor de consumo de oxigênio obtido durante o teste foi considerado como o $VO_{2\ pico}$. A FC foi monitorada (Polar, Team System Pro, Kempele, Finlândia) durante todo o procedimento com obtenção dos valores a cada cinco segundos, sendo o maior valor obtido considerado como a FC_{pico}. Os

avaliados reportaram o índice de percepção de esforço (IPE) em escala de 6 a 20 [11] imediatamente após o término do teste.

Para determinação do lactato uma amostra de sangue capilar foi retirada da ponta do dedo exatamente após o término do teste. A região foi previamente limpa com álcool e secada com algodão, e a segunda gota de sangue foi utilizada para a análise (Roche, Accutrend Plus, Indianapolis, EUA). Os avaliados ainda tiveram a massa corporal (kg) registrada antes e após o teste, para determinação de perda hídrica. A figura 2 esquematiza os procedimentos adotados para a realização do teste.

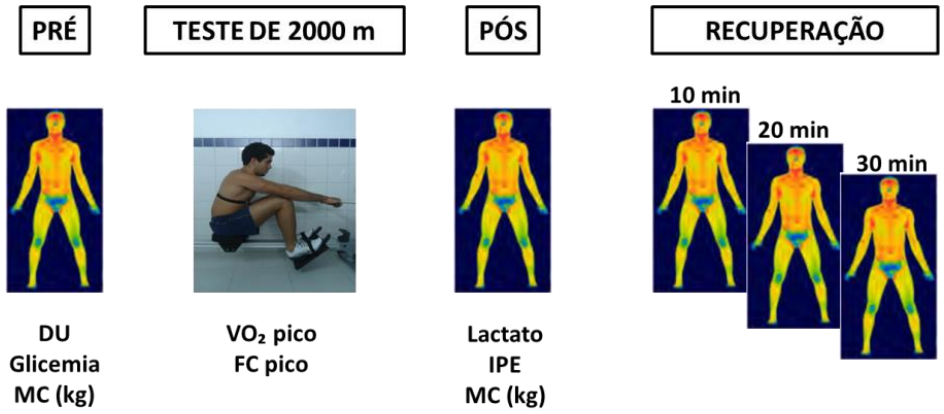


Figura 2. Esquema do procedimento experimental nos testes. DU: densidade da urina; MC: massa corporal; VO_2 pico: consumo de oxigênio de pico; FC pico: frequência cardíaca de pico; IPE: índice de percepção de esforço.

Superada essa fase, os avaliados deram continuidade à etapa final do estudo, após um período mínimo de 48 h e máximo 1 semana.

Protocolo de exercício aeróbico moderado

O protocolo de exercício aeróbico preconizado foi intervalado de carga constante, constituído por 5 blocos de exercício, separados por intervalos de aproximadamente 1 minuto e 30 segundos: o primeiro bloco foi composto por 5 minutos de aquecimento, e a parte principal por 4 blocos de 10 minutos. A intensidade do exercício foi determinada com um percentual da FC_{pico} obtida no T_{2000m}, sendo 50% para o aquecimento e uma zona alvo entre 60% e 70% na parte principal, considerando como parâmetro de prescrição a FC de reserva, conforme

Karvonen et al. [47] [FC de treino = (FCM - $FC_{repouso}$) $_{x}$ % de intensidade + ($FC_{repouso}$)].

A massa corporal dos avaliados foi mensurada previamente ao início do protocolo e ao término de cada bloco de exercício. A hidratação com água foi assegurada durante os intervalos com quantidade suficiente para manter a massa corporal de repouso, já que um estado de desidratação pode afetar as respostas da termorregulação [34,40,52].

Parâmetros de troca gasosa respiratória foram obtidos a cada respiração durante os blocos de exercício por meio de um analisador de gases metabólicos (MedGraphics, Ultima^{TM}, Saint Paul, EUA). A FC foi monitorada (Polar, Team System Pro, Kempele, Finlândia) durante todo o procedimento com obtenção dos valores a cada cinco segundos. Os avaliados reportaram o IPE em escala de 6 a 20 [11] imediatamente ao fim de cada bloco de exercício.

Para determinação do lactato amostras de sangue capilar foram retiradas da ponta do dedo ao fim da sessão de exercício. A superfície utilizada para coleta do sangue foi previamente limpa com álcool e secada com algodão e a segunda gota de sangue foi utilizada para análise (Roche, Accutrend Plus, Indianapolis, EUA). A figura 3 esquematiza os procedimentos adotados para a realização da sessão de exercício aeróbico moderado.

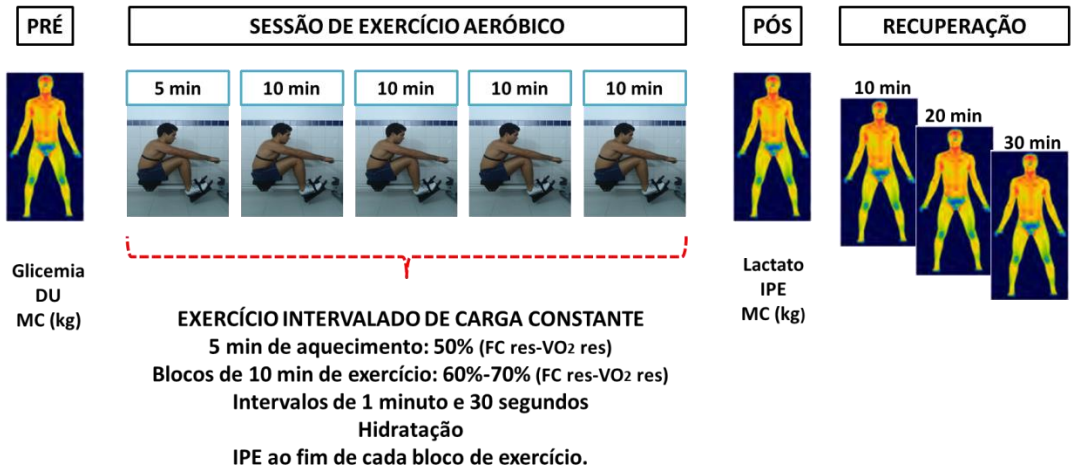


Figura 3. Esquema do procedimento experimental na sessão de exercício aeróbico. DU: densidade da urina; MC: massa corporal; VO_2 pico: consumo de oxigênio de pico; FC pico: frequência cardíaca de pico; IPE: índice de percepção de esforço; FC res: frequência cardíaca de reserva; VO_2 de reserva.

Protocolo de obtenção das imagens termográficas

Foram obtidas imagens termográficas nos dois protocolos de exercício em 5 momentos: antes do exercício; exatamente após o exercício; e com 10, 20 e 30 minutos após o seu término. Os procedimentos foram realizados conforme as recomendações da *European Association of Thermology* [6], aplicados recentemente em outros estudos [25,28,53-55]. Previamente à avaliação os participantes foram orientados a evitar o consumo de álcool ou cafeína, a não usar qualquer tipo de loção ou creme na pele, além de não realizar exercício físico intenso nas 24 h precedentes aos procedimentos do estudo.

As condições ambientais de temperatura e umidade relativa (UR) da sala foram controladas [exercício intenso (20,6±1,1 °C e 55,9±5,5% UR); exercício moderado (19,2±1,3 °C e 60,8±5,2% UR)], sendo que ambas foram registradas por meio de uma estação meteorológica (Davis, Vantage Vue^{TM}, Hayward, EUA). Não houve ventilação direcionada para as áreas de obtenção das imagens e de realização do exercício, o que foi verificado por meio de anemômetro digital (Instrutherm, AD-250, São Paulo, Brasil). Um período mínimo de 10 minutos de aclimatação ao ambiente da sala foi respeitado para permitir a estabilização da T_P [55]. Nesse momento, os avaliados usaram apenas tênis, sunga e monitor cardíaco e foram orientados a permanecer em pé, não cruzar os braços, não realizar movimentos bruscos e não esfregar as mãos ou qualquer parte do corpo [21].

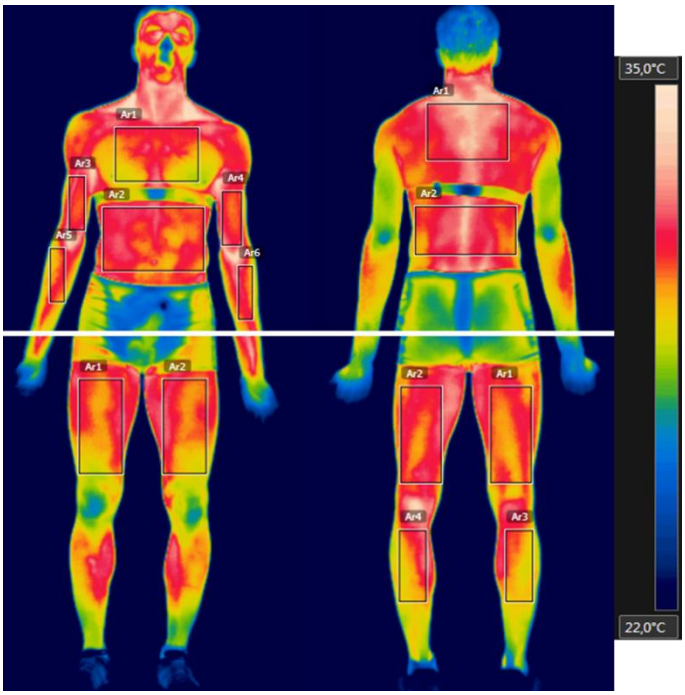
A T_P de RCI do tronco, membros superiores e inferiores foi monitorada através de termogramas obtidos com um termovisor T420 (Flir Systems, Estocolmo, Suécia) com amplitude de medição de -20 a +120 °C, precisão de 2%, sensibilidade ≤ 0,05 °C, banda de espectral dos infravermelhos de 7,5 μm a 13 μm, taxa de atualização de 60 Hz, foco automático e resolução de 320 x 240 pixels.

As imagens termográficas foram obtidas com o avaliado na posição anatômica a uma distância de 3 metros, totalizando quatro imagens: região anterior e posterior do tronco e membros superiores; região anterior e posterior dos membros inferiores. Foram adotados pontos anatômicos na porção anterior do corpo (tabela 1) e seus respectivos pontos correspondentes na região posterior, todos identificados por adesivos na pele (figura 4) a fim de facilitar a delimitação de cada região corporal de

interesse (RCI), seguindo as recomendações de Moreira et al. [58], já utilizadas em outros trabalhos [25,54,55].

Tabela 1. Pontos anatômicos na porção anterior do corpo.

RCI	Ponto Anatômico
Antebraço	Primeiro terço distal do antebraço fossa cubital
Braço	Fossa cubital e linha axilar
Peitoral e dorsal superior	Linha do mamilo e borda superior do esterno
Abdômen e dorsal inferior	Processo xifoide e cinco cm abaixo da cicatriz umbilical
Coxa	Cinco cm acima da borda superior da patela e linha inguinal
Perna	Cinco cm abaixo da borda inferior da patela e dez cm acima do maléolo



a **b**

Figura 4. Demarcação das RCI estudadas na visão anterior (a) e posterior (b) (sem adesivos).

Após a obtenção das imagens todas foram transferidas para um computador e analisadas através do software Flir Tools (Flir System, Estocolmo, Suécia). A ferramenta de seleção do software permite verificar a temperatura de uma área corporal delineada manualmente. Dessa forma, foram selecionadas as regiões corporais citadas, e os resultados da temperatura média foram tabulados e colocados em tabelas para posterior análise estatística.

Análise estatística

O teste de Shapiro Wilk foi utilizado para analisar a distribuição dos dados. Tendo em vista que os dados apresentaram distribuição normal, empregou-se uma estatística descritiva. Posteriormente foi utilizado o Teste T dependente para comparar o nível glicêmico, densidade da urina e FC em repouso previamente à realização dos exercícios, bem como para comparar os parâmetros fisiológicos obtidos em cada exercício (lactato, IPE e perda hídrica). Além disso, foi utilizada a ANOVA *Two-Way* (2 Grupos x 5 Momentos) para analisar a resposta da T_P ao longo dos momentos em cada protocolo de exercício, para comparar o valor médio de T_P entre os protocolos, bem como para verificar se as mudanças térmicas ao longo dos momentos foram equivalentes entre os exercícios (interação). O tamanho do efeito foi calculado de acordo com Field [29].

Os valores de T_P de regiões bilaterais (braços, antebraços, coxas e pernas) foram estabelecidos pela média obtida do somatório dos hemicorpos direito e esquerdo. Em todas as análises o nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. O SPSS 20.0 foi o pacote estatístico utilizado. Os dados foram apresentados em média ± desvio padrão (DP).

4.5. Resultados

Não foram encontradas diferenças significativas nos valores de densidade da urina [$t(14) = -1,884$; $p=0,08$], glicemia [$t(17) = 1,637$; $p=0,12$] e FC ($p=0,33$) mensuradas em repouso entre as duas condições de exercício. A tabela 2 apresenta o *status* de hidratação, glicemia e FC previamente ao início dos protocolos. As condições ambientais de temperatura da sala e UR foram de 20,6 ± 1,1 °C e 55,9 ±

5,5% UR no protocolo de exercício intenso e 19,2 ± 1,3 °C e 60,8 ± 5,2% UR no exercício moderado, estando dentro da faixa preconizada pela *European Association of Thermology* para avaliação termográfica [6].

Tabela 2. Parâmetros basais pré-exercício em cada uma das condições de testagem.

	Exercício intenso	**Exercício moderado**	**p**
Densidade urina (g/ml)	1009,3 ± 7,0	1012,3 ± 6,7	0,08
Glicemia (mg/dl)	92,6 ± 7,8	89,0 ± 9,3	0,12
FC repouso (bpm)	63,9 ± 10,6	60,3 ± 10,6	0,33

O T_{2000m} teve duração de 503,4 ± 28,9 segundos, $VO_{2\ pico}$ de 47,5 ± 6,4 $(ml.kg.min)^{-1}$, $FC_{\ pico}$ de 186,7 ± 6,0 bpm e quociente respiratório de 1,4 ± 0,2. Já a sessão de 45 minutos de exercício moderado foi realizada em uma zona alvo entre 133,1 ± 4,9 bpm e 146,5 ± 4,9 bpm, apontando claramente para um esforço submáximo, o que pode ser corroborado pela percepção subjetiva de esforço de 12,9 ± 2,0 pontos e lactato de 2,7 ± 0,6 (mmol/L) verificados ao término do exercício (Tabela 3).

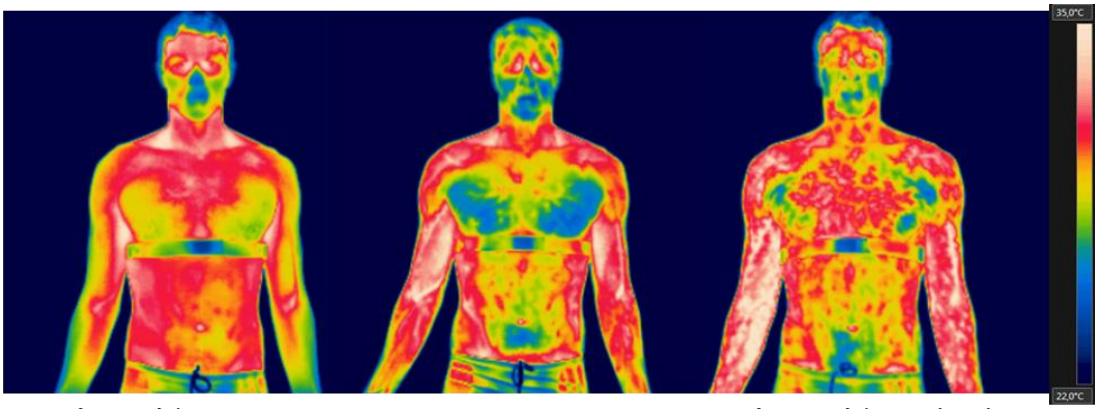
Tabela 3. Lactato, índice de percepção subjetiva de esforço e perda hídrica após cada protocolo de exercício.

	Exercício intenso	**Exercício moderado**	**p**	***r***
Lactato (mmol/L)	10,7 ± 3,1	2,7 ± 0,6	< 0,001 *	0,93
IPE (6-20)	18,1 ± 1,6	12,9 ± 2,0	< 0,001 *	0,94
Perda hídrica (ml)	234 ± 114	461 ± 152	< 0,001 *	0,89

* representa diferença significativa ($p<0,05$); *r* representa o tamanho do efeito; IPE representa o índice de percepção subjetiva de esforço.

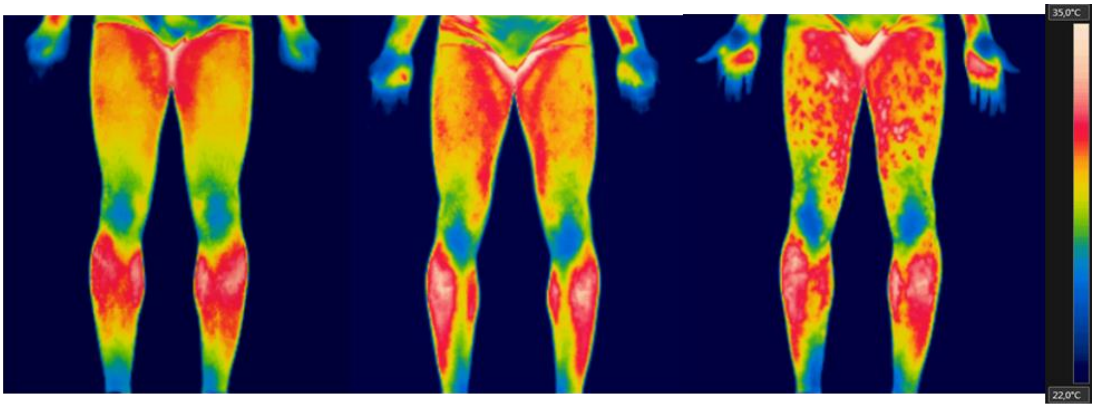
Os resultados relacionados à T_P podem ser avaliados a partir de uma perspectiva qualitativa e quantitativa. A figura 5 apresenta um exemplo de avaliação

qualitativa de um mesmo participante quanto à distribuição de calor irradiado na condição de repouso (a) e as alterações observadas imediatamente após o término do exercício intenso (b) e moderado de 45 minutos (c) na face anterior do tronco, enquanto que a figura 6 apresenta a mesma condição na face anterior dos membros inferiores.



a. Pré-exercício. **b.** Pós teste de 2000 m **c**. Pós exercício moderado

Figura 5. Termogramas do tronco (anterior) de um participante em repouso (a), exatamente após o T_{2000m} (b) e exatamente após 45 minutos de exercício aeróbico moderado (c).



a. Pré-exercício. **b.** Pós teste de 2000 m **c**. Pós exercício moderado

Figura 6. Termogramas dos membros inferiores (anterior) de um participante em repouso (a), exatamente após o T_{2000m} (b) e exatamente após 45 minutos de exercício aeróbico moderado (c).

A seguir são apresentados os resultados da resposta da T_P aos protocolos de exercício em cada RCI avaliada: peitoral (figura 7), abdômen (figura 8), dorsal superior (figura 9), lombar (figura 10), bíceps braquial (figura 11), antebraço anterior (figura 12), quadríceps (figura 13), isquiotibiais (figura 14) e panturrilhas (figura 15).

Em todas as análises o teste de Mauchly identificou que a hipótese de esfericidade não foi assumida ($p < 0,001$).

Peitoral

Houve diferença significativa entre os momentos [F (1,981; 67,340) = 35,298; $p < 0,001$, r = 0,97], porém, não houve diferença significativa entre os exercícios no valor médio de T_P do peitoral [F (1, 34) = 0,139; p = 0,712]. Houve uma interação significativa entre momento e tipo de exercício [F (1,981; 67,340) = 1,242; p = 0,023, r = 0,62]. Esta interação mostrou que a T_P no *baseline* foi significativamente diferente entre os exercícios, sendo maior no exercício intenso em relação ao moderado [F (1, 34) = 5,178; p = 0,029], enquanto que com 10 minutos de recuperação a T_P foi significativamente maior no exercício moderado [F (1, 34) = 4,489; p = 0,042]. Quando os demais momentos foram comparados entre si não foi verificada diferença significativa entre os exercícios ($p > 0,05$).

Com relação ao efeito temporal, no exercício intenso foi observada uma redução na T_P pós-exercício ($p < 0,001$) sustentada no primeiro momento da recuperação (p = 0,879), seguida de um aumento na T_P sem retornar ao valor do *baseline* no fim do período de recuperação (p = 0,002). Já no exercício moderado houve uma redução na T_P após o exercício (p = 0,003) e uma restauração térmica aos valores de repouso 10 minutos após o seu término (p = 0,489), sustentada ao longo da recuperação.

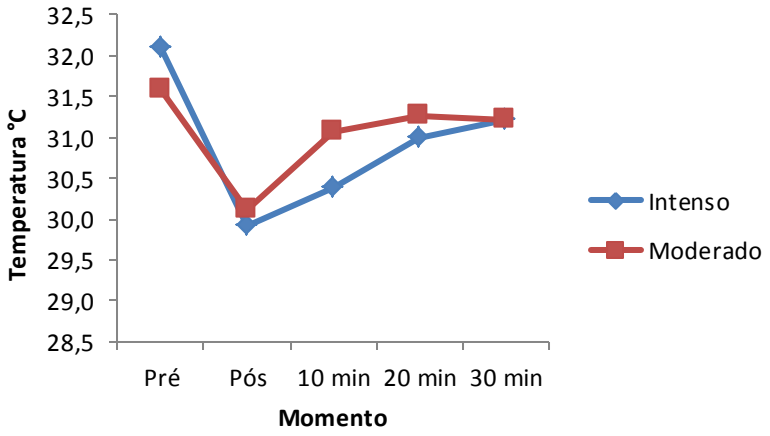


Figura 7. Resposta da T_P do peitoral aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro.

Abdômen

Houve diferença significativa entre os momentos [F (2,550; 86,700) = 79,995; p < 0,001, *r* = 0,98], porém, não houve diferença significativa entre os exercícios no valor médio de T_P do abdômen [F (1, 34) = 0,004; p = 0,948]. Houve uma interação significativa entre momento e tipo de exercício [F (2,550; 86,700) = 4,545; p = 0,008, *r* = 0,80]. Esta interação não mostrou diferença significativa entre os exercícios quando cada momento foi comparado entre si (p > 0,05).

Com relação ao efeito temporal, nos dois protocolos a T_P reduziu exatamente após o exercício (p < 0,001), contudo, a T_P retornou ao *baseline* 20 minutos após o término do exercício intenso (p = 0,413), enquanto que no moderado a T_P retornou ao *baseline* 10 minutos após o término do exercício (p = 1,0), mantendo-se igual aos valores de repouso em todo o período de recuperação (p = 1,0).

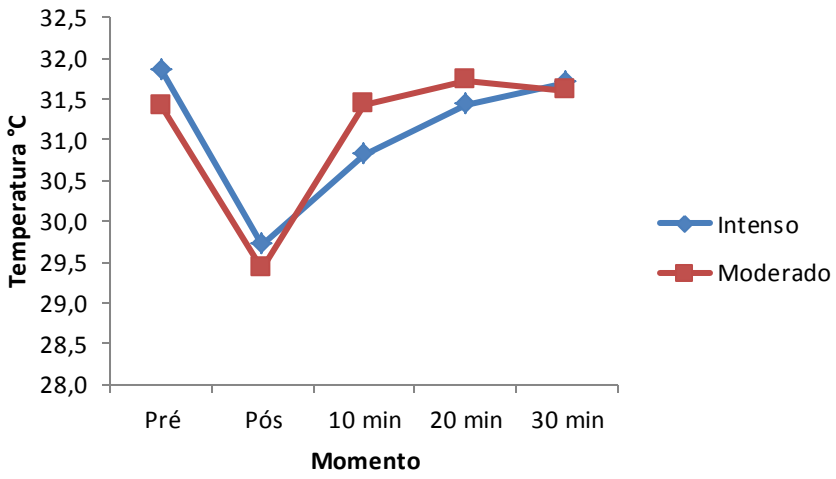


Figura 8. Resposta da T_P do abdômen aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro.

Dorsal superior

Houve diferença significativa entre os momentos [F (2,058; 69,962) = 70,372; p < 0,001, *r* = 0,98], porém, não houve diferença significativa entre os exercícios no valor médio de T_P da região dorsal superior [F (1, 34) = 0,187; p = 0,668]. Houve uma interação significativa entre momento e tipo de exercício [F (2,058; 69,962) = 7,906; p = 0,001, *r* = 0,89]. Esta interação mostrou que o valor de T_P em repouso foi superior no exercício intenso em relação ao moderado [F (1, 34) = 5,455; p = 0,026]. Quando os demais momentos foram comparados entre si não foi verificada diferença significativa entre os exercícios (p > 0,05).

Com relação ao efeito temporal, nos dois protocolos a T_P reduziu exatamente após o exercício (p < 0,001), contudo, a T_P retornou ao *baseline* 30 minutos após o término do exercício intenso (p = 0,557) e 10 minutos após o término do exercício moderado (p = 0,955), mantendo-se estável em relação ao repouso em todo o período de recuperação do exercício moderado (p = 1,0).

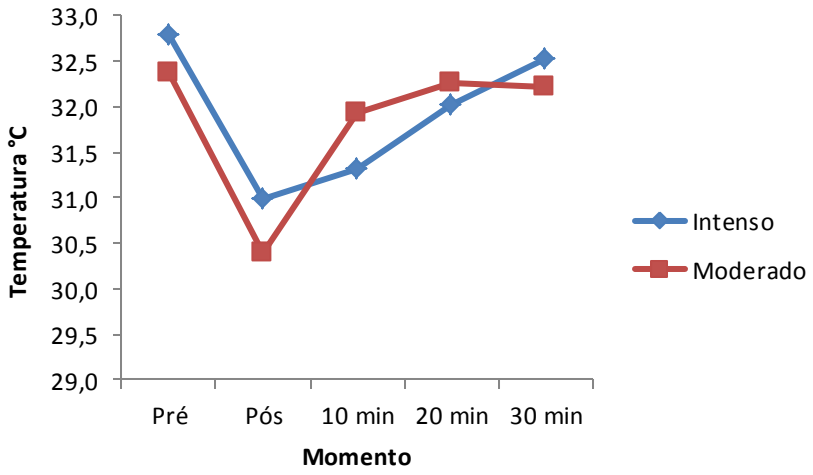


Figura 9. Resposta da T_P da RCI dorsal superior aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro.

Lombar

Houve diferença significativa entre os momentos [F (2,041; 69,386) = 146,080; p < 0,001, *r* = 0,99], porém, não houve diferença significativa entre os exercícios no valor médio de T_P da lombar [F (1, 34) = 0,407; p = 0,528]. Não foi observada uma interação significativa entre momento e tipo de exercício [F (2,041; 69,386) = 2,982; p = 0,056], indicando que não houve diferença significativa quando cada momento foi comparado entre si e que as alterações na T_P foram equivalentes entre os exercícios.

Com relação ao efeito temporal, a T_P reduziu exatamente após o exercício (p < 0,001) e aumentou ao longo do período de recuperação (p < 0,001), contudo, não retornou ao *baseline* em ambos os protocolos (p < 0,001).

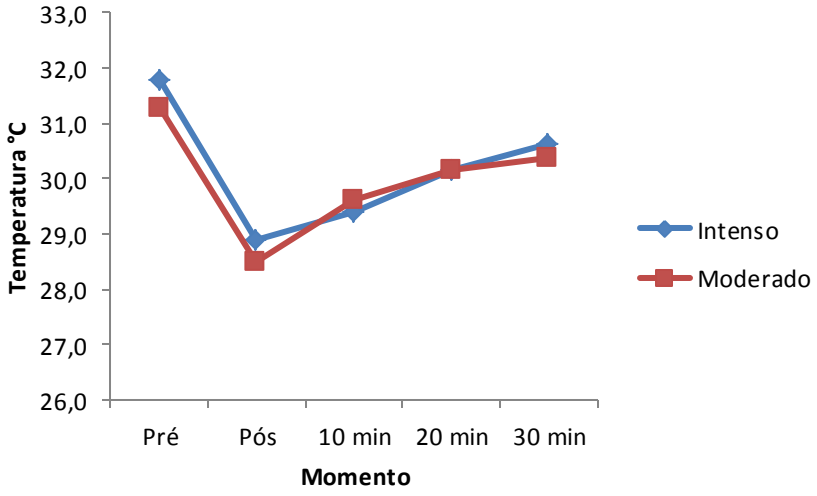


Figura 10. Resposta da T_P da lombar aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro.

Bíceps Braquial

Houve diferença significativa entre os momentos [F (2,366; 80,460) = 38,190; p < 0,001, *r* = 0,97] e entre os exercícios no valor médio de T_P do bíceps braquial [F (1, 34) = 6,552; p = 0,015, *r* = 0,93]. Não foi observada uma interação significativa entre momento e tipo de exercício [F (2,041; 69,386) = 2,982; p = 0,052], indicando que não houve diferença significativa quando cada momento foi comparado entre si e que as alterações na T_P foram equivalentes entre os exercícios.

Com relação ao efeito temporal, em ambos os protocolos a T_P não se alterou exatamente após o exercício (p = 1,0) e aumentou no primeiro momento da recuperação (p < 0,001), mantendo-se acima do *baseline* durante todo o período de recuperação (p < 0,001).

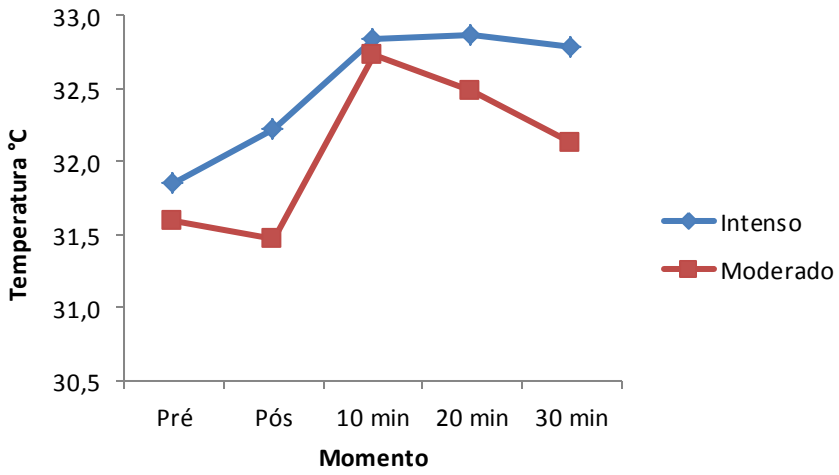


Figura 11. Resposta da T_P do bíceps braquial aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro.

Antebraço (anterior)

Houve diferença significativa entre os momentos [F (2,279; 77,476) = 25,398; p < 0,001, *r* = 0,96] e entre os exercícios no valor médio de T_P do antebraço [F (1, 34) = 6,428; p = 0,016, *r* = 0,93]. Não foi observada uma interação significativa entre momento e tipo de exercício [F (2,279; 77,476) = 2,014; p = 0,134], indicando que não houve diferença significativa quando cada momento foi comparado entre si e que as alterações na T_P foram equivalentes entre os exercícios.

Com relação ao efeito temporal, em ambos os protocolos a T_P não se alterou exatamente após o exercício (p = 1,0) e aumentou no primeiro momento da recuperação (p < 0,001), mantendo-se acima do *baseline* durante todo o período de recuperação (p < 0,001).

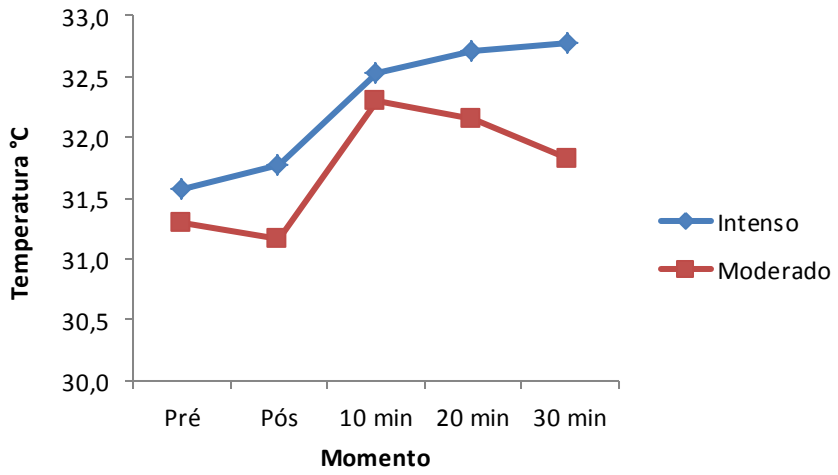


Figura 12. Resposta da T_P do antebraço (anterior) aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro.

Quadríceps

Houve diferença significativa entre os momentos [F (1,987; 67,573) = 17,823; p < 0,001, *r* = 0,95] e entre os exercícios no valor médio de T_P do quadríceps [F (1, 34) = 7,672; p = 0,009, *r* = 0,94]. Não foi observada uma interação significativa entre momento e tipo de exercício [F (1,987; 67,573) = 0,846; p = 0,433], indicando que não houve diferença significativa quando cada momento foi comparado entre si e que as alterações na T_P foram equivalentes entre os exercícios.

Com relação ao efeito temporal, em ambos os protocolos a T_P reduziu exatamente após o exercício (p = 0,033) e retornou ao *baseline* no primeiro momento da recuperação (p = 0,974), mantendo-se estável em relação à condição de repouso com 20 (p = 0,587) e 30 minutos (p = 1,0) de recuperação.

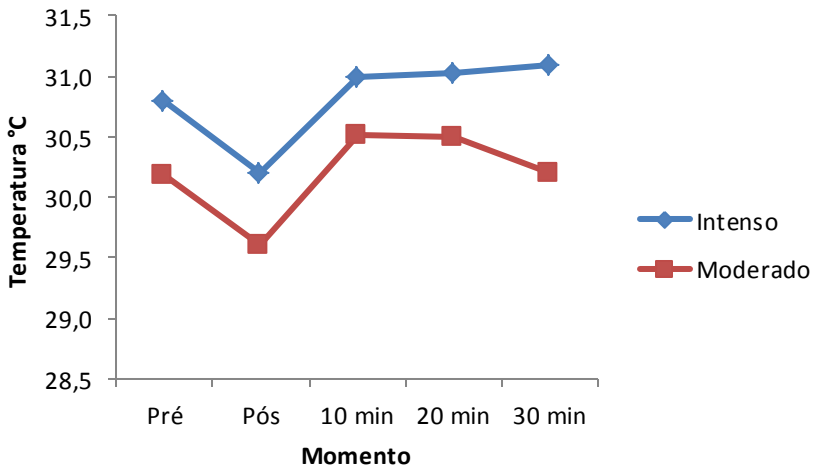


Figura 13. Resposta da T_P do quadríceps aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro.

Isquiotibiais

Houve diferença significativa entre os momentos [F (2,368; 80,511) = 55,544; p < 0,001, *r* = 0,98], porém, não houve diferença significativa entre os exercícios no valor médio de T_P dos isquiotibiais [F (1, 34) = 1,042; p = 0,315]. Não foi observada uma interação significativa entre momento e tipo de exercício [F (2,368; 80,511) = 2,563; p = 0,074], indicando que não houve diferença significativa quando cada momento foi comparado entre si e que as alterações na T_P foram equivalentes entre os exercícios.

Com relação ao efeito temporal, a T_P reduziu exatamente após o exercício (p < 0,001) e retornou ao *baseline* no primeiro momento da recuperação (p = 0,710), mantendo-se estável em relação à condição de repouso com 20 e 30 minutos de recuperação (p = 1,0) em ambos os protocolos.

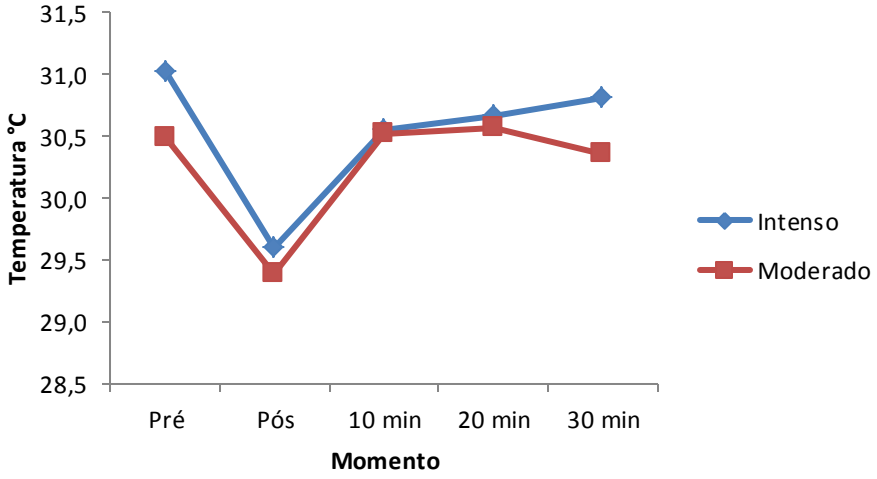


Figura 14. Resposta da T_P dos isquiotibiais aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro.

Panturrilhas

Houve diferença significativa entre os momentos [F (2,210; 75,124) = 98,928; p < 0,001, *r* = 0,99], porém, não houve diferença significativa entre os exercícios no valor médio de T_P das panturrilhas [F (1, 34) = 3,930; p = 0,056]. Não foi observada uma interação significativa entre momento e tipo de exercício [F (2,210; 75,124) = 1,334; p = 0,270, *r* = 0,61], indicando que não houve diferença significativa quando cada momento foi comparado entre si e que as alterações na T_P foram equivalentes entre os exercícios.

Com relação ao efeito temporal, em ambos os protocolos a T_P reduziu exatamente após o exercício (p < 0,001) e aumentou durante o período de recuperação em direção ao *baseline* (p < 0,001). Contudo, dentro de 30 minutos após o exercício a T_P não retornou às condições de repouso (p = 0,009).

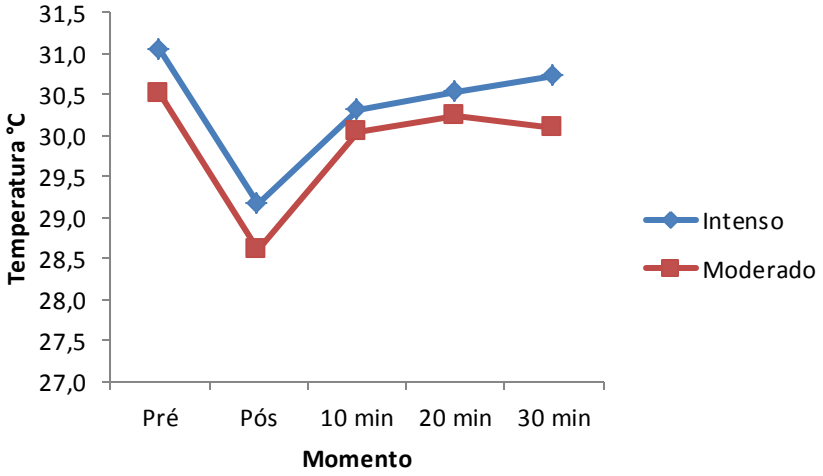


Figura 15. Resposta da T_P das panturrilhas aos protocolos de exercício intenso e moderado em remoergômetro.

A tabela 4 apresenta a diferença de temperatura obtida entre os exercícios intenso e moderado nos cinco momentos de avaliação em cada RCI analisada. Já a tabela 5 indica se a T_P retornou ou não à condição de repouso durante o período de recuperação.

Tabela 4. Diferença térmica registrada em cada momento entre os exercícios intenso e moderado nas RCI analisadas.

RCI	**Pré** ΔT °C	**Pós** ΔT °C	**10 min** ΔT °C	**20 min** ΔT °C	**30 min** ΔT °C
Peitoral	0,5 *	-0,2	-0,7 *	-0,3	0,1
Abdômen	0,4	0,3	-0,6	-0,3	0,1
Dorsal	0,4 *	0,6	-0,6	-0,2	0,3
Lombar	0,5	0,4	-0,2	0,0	0,3
Bíceps braquial	0,3	0,7	0,1	0,4	0,6
Antebraço	0,3	0,6	0,2	0,5	0,9
Quadríceps	0,6	0,6	0,5	0,5	0,9
Isquiotibiais	0,5	0,2	0,0	0,1	0,4
Panturrilhas	0,5	0,6	0,3	0,3	0,6

ΔT representa a diferença térmica entre os exercícios; Valor negativo indica T_P > no exercício moderado; * representa diferença significativa entre os exercícios ($p < 0,05$).

Tabela 5. Tabela indicativa de restabelecimento térmico à condição de repouso durante a recuperação dos exercícios intenso e moderado nas RCI analisadas.

RCI	Exercício	10 min	20 min	30 min
Peitoral	Intenso	Não ↓	Não ↓	Não ↓
	Moderado	=	=	=
Abdômen	Intenso	Não ↓	=	=
	Moderado	=	=	=
Dorsal	Intenso	Não ↓	Não ↓	=
	Moderado	=	=	=
Lombar	Intenso	Não ↓	Não ↓	Não ↓
	Moderado	Não ↓	Não ↓	Não ↓
Bíceps Braquial	Intenso	Não ↑	Não ↑	Não ↑
	Moderado	Não ↑	Não ↑	Não ↑
Antebraço	Intenso	Não ↑	Não ↑	Não ↑
	Moderado	Não ↑	Não ↑	Não ↑
Quadríceps	Intenso	=	=	=
	Moderado	=	=	=
Isquiotibiais	Intenso	=	=	=
	Moderado	=	=	=
Panturrilhas	Intenso	Não ↓	Não ↓	Não ↓
	Moderado	Não ↓	Não ↓	Não ↓

↑ Significativamente mais alta; ↓ significativamente mais baixa; = sem diferença significativa em relação à T_P no *baseline* ($p>0,05$).

4.6. Discussão

Alterações na T_P associadas a respostas hemodinâmicas e termorregulatórias ao exercício têm sido estudadas por meio da termografia infravermelha principalmente em exercícios de membros inferiores realizados em ergômetros convencionais como esteira [20,25,28,57] e cicloergômetro [1,7,10,73]. Contudo, a resposta térmica da pele ao exercício em remoergômetro ainda é desconhecida. Em uma busca recente nenhum trabalho foi encontrado na base de dados *Medline* com as palavras chave *rowing ergometer* e *thermography*. Por isto, este estudo testou o efeito do exercício em remoergômetro realizado com diferente intensidade e duração na T_P de RCI do tronco, membros superiores e inferiores por meio da termografia.

Diversos cuidados foram tomados para evitar o efeito de fatores intervenientes na T_P [27]. As condições ambientais da sala foram mantidas dentro da faixa preconizada pela diretriz de avaliação termográfica adotada neste estudo [6], foi respeitado o mesmo horário de realização dos exercícios para cada avaliado e todos foram orientados a se manter hidratados, manter os hábitos alimentares e a não realizar exercício nas 24 precedentes ao experimento. Com isto, não foram encontradas diferenças significativas entre as condições basais de densidade da urina, glicemia e FC, o que indica que a amostra se apresentou em condições semelhantes para a realização dos protocolos. Consequentemente, os valores basais de T_P foram iguais nos dois protocolos quando a maioria das RCI foi comparada entre si (tabela 4), sendo que apenas o peitoral (ΔT_P 0,5 °C) e dorsal superior (ΔT_P 0,4 °C) apresentaram valores significativamente diferentes. Contudo, vale ressaltar que a T_P em repouso de cada RCI foi condizente com valores de normalidade apontados recentemente em outros estudos [19,54], o que indica um quadro de normalidade térmica da amostra.

Os protocolos de exercício empregados apresentaram características bem distintas, sendo que o T_{2000m} teve uma duração de 503,4 ± 28,9 (s) e exigiu um esforço máximo dos participantes, tendo em vista que o QR > 1 e a concentração de lactato > 8 $mmol.l^{-1}$ obtidos (tabela 3) são critérios clássicos para caracterizar um exercício máximo [23,24,39]. Além disso, o valor de FCM obtido (186,7 ± 6,0 bpm) ficou dentro de uma faixa de variação de até 10 bpm em relação à FCM estimada pela equação de Tanaka et al. [68] (192,9 ± 1,6 bpm), o que reforça a máxima

intensidade do teste [39,60]. Por outro lado, a sessão intervalada de 45 minutos de duração foi realizada com intensidade moderada entre 60% e 70% da FC de reserva [49], corroborada pelos valores de percepção de esforço e lactato obtidos (tabela 3).

Em ambos os exercícios a possibilidade de um quadro de desidratação ter interferido na resposta térmica da pele pode ser descartada, já que os indivíduos se apresentaram hidratados na condição basal e a perda hídrica após o exercício intenso e moderado correspondeu a uma redução de 0,3% e 0,6% na massa corporal, respectivamente (tabela 3). Esta perda hídrica foi insuficiente para causar um impacto negativo na homeostase hidroeletrolítica, em que se considera como valor crítico uma perda de 2% na massa corporal [62].

A partir de uma análise qualitativa de termogramas obtidos (figuras 5 e 6) nota-se que os diferentes protocolos proporcionaram alterações específicas na distribuição cutânea de calor irradiado quando se compara a condição final do exercício e o repouso e também quando se compara os termogramas no momento exatamente após os protocolos, reforçando a ideia de que o exercício é um agente perturbador da homeostase térmica [34,44,45] e que a resposta da T_P é dependente do tipo de exercício realizado [73].

A máxima intensidade e o envolvimento de grupos musculares do corpo inteiro no T_{2000m} demandam um expressivo aumento no fluxo sanguíneo para os músculos ativos em detrimento de regiões inativas como músculos não atuantes, vísceras e pele [38,50,59], onde predomina um estímulo vasoconstritor associado à redução térmica na superfície corporal [1,20,57,73]. Esta resposta pode ser observada claramente na figura 5b. Por outro lado, o momento exatamente após o exercício moderado (figuras 5c e 6c) foi caracterizado por uma alteração não homogênea na distribuição de calor cutâneo marcada pela presença de pontos hipertérmicos espalhados pela pele comumente em forma de “árvore”, como reportado por Merla et al. [57]. Estes múltiplos pontos de calor foram observados por outros autores [7,37,57,71] e caracterizam a presença de vasos perfurantes musculares que conduzem o calor metabólico interno produzido durante o exercício para a superfície corporal. A vasodilatação na superfície corporal estimula a produção e evaporação do suor, sendo um importante mecanismo de dissipação de calor corporal para o ambiente durante o exercício [22,43,44,48,63,64].

Essas observações corroboram os resultados de Zontak et al. [73] que observaram uma diminuição constante na T_P dos dedos e mãos no exercício progressivo máximo, refletindo uma resposta vasoconstritora dominante, e uma diminuição inicial similar seguida de um reaquecimento das mãos no exercício de carga constante moderada, refletindo a dominância do reflexo termorregulatório (vasodilatação periférica) com o prolongamento do exercício.

Com relação à análise quantitativa, os resultados deste estudo demonstraram uma interação significativa (exercício x momento) no peitoral, dorsal superior e abdômen, indicando que as respostas térmicas induzidas pelo exercício nestas RCI variaram em função dos diferentes protocolos de exercício empregados. Por outro lado, as alterações na T_P observadas na lombar, nos membros superiores e inferiores foram equivalentes entre os protocolos.

Exatamente após o término dos dois protocolos foi observada uma redução significativa na T_P em todas as RCI do tronco. No peitoral a redução foi mais pronunciada no exercício máximo em comparação ao moderado devido aos diferentes mecanismos hemodinâmicos envolvidos em cada tipo de exercício. Como descrito anteriormente, no exercício máximo há uma resposta de vasoconstrição cutânea em função do alto estímulo simpático e da liberação de catecolaminas e outros hormônios vasoconstritores [1,57,71,73], o que proporcionou uma redução na T_P do peitoral observada em todos os avaliados com média de 2,2 °C. Já no exercício moderado foram observados 6 casos onde a T_P aumentou (entre 0,2 °C e 0,9 °C) devido à transferência de calor para a superfície corporal, conforme verificado pela presença dos pontos de hipertermia (figura 5c). Contudo, no exercício moderado houve uma redução média na T_P do peitoral de 1,5 °C, tendo em vista que o calor transferido para a pele é dissipado para o ambiente e este processo pode implicar em redução na temperatura [17,18,20,69].

As alterações observadas exatamente após o exercício no tronco estão de acordo com os resultados observados por Abate et al. [1]. Estes autores verificaram que indivíduos treinados apresentaram uma redução na T_P da região anterior do tronco ao fim de um protocolo de 15 minutos de aquecimento submáximo em cicloergômetro de membros inferiores, refletindo a capacidade de ativação do sistema termorregulatório e influxo sanguíneo para os músculos ativos.

O restabelecimento térmico ao nível basal no primeiro momento da recuperação foi um comportamento típico no exercício moderado nas RCI do peitoral, abdômen e dorsal superior. No exercício moderado a menor intensidade demanda uma menor solicitação de fluxo sanguíneo cutâneo em comparação ao exercício máximo [50,59], de modo que com o término do exercício e cessação do resfriamento evaporativo a T_P retorna rapidamente aos valores de repouso. Em contraste, a restauração térmica no exercício máximo não ocorreu no peitoral e foi mais demorada no abdômen e dorsal superior, que se restabeleceram com 20 e 30 minutos, respectivamente (tabela 5), indicando que a vasoconstrição no exercício máximo persiste durante o período de recuperação.

Na região lombar as alterações na T_P não diferiram entre os exercícios. De todas as RCI analisadas esta foi a que apresentou a maior redução na T_P com diminuição de 2,9 °C no T_{2000m} e 2,8 °C no exercício moderado, o que pode estar associado à grande produção de suor característica desta RCI [35,66]. A T_P na lombar aumentou durante a recuperação, mas não retornou ao valor basal em ambos os protocolos.

O Bíceps braquial e antebraço apresentaram respostas térmicas muito parecidas aos protocolos de exercício, o que pode ser verificado pela similaridade entre as figuras 9 e 10. Estas foram as únicas RCI que apresentaram manutenção da T_P no término do exercício e elevação acima dos valores de repouso durante a recuperação. Mesmo com a aumentada demanda metabólica nos braços a evaporação do suor pode ter impedido que a temperatura aumentasse exatamente após o exercício [20,69,70]. Contudo, com o término do exercício e a atenuação no resfriamento evaporativo ocorre uma persistente vasodilatação periférica e hiperemia na musculatura previamente ativa [46] proporcional à demanda metabólica [33,50,59]. Isto explica o aumento na T_P durante a recuperação nos dois exercícios e reflete a solicitação do bíceps braquial e antebraço durante os exercícios.

Apesar da análise estatística ter indicado que as alterações térmicas nos membros superiores foram equivalentes entre os protocolos, é importante destacar que durante o período de recuperação a T_P no exercício máximo foi sempre superior ao exercício moderado no bíceps braquial (20 min 0,4 °C; 30 min 0,6 °C) e antebraço (20 min 0,5 °C; 30 min 0,9 °C) (tabela 4). Isto sugere que existe uma tendência de

redução na T_P durante a recuperação do exercício moderado em direção aos valores basais, enquanto no exercício máximo nota-se um comportamento de estabilidade da T_P durante toda a recuperação, indicando que a maior intensidade do exercício no T_{2000m} pode demandar um maior tempo de recuperação em comparação ao exercício moderado. Este tipo de comportamento térmico de recuperação abre importantes especulações sobre a possibilidade de uso da termografia como uma forma de controle da carga de treinamento, em que cargas mais elevadas de exercício podem gerar uma maior lesão tecidual muscular após o exercício com consequente maior produção de calor, algo já sinalizado por Bandeira et al. [8,9].

Outros autores verificaram resultados opostos aos do presente estudo com relação aos membros superiores. O efeito do treino de 90 minutos contendo elementos do jogo de voleibol [18] e handebol [17] sobre a T_P do braço e antebraço foi verificado em atletas das respectivas modalidades, sendo verificada uma diminuição da T_P nos membros superiores atribuída à evaporação do suor e consequente dissipação de calor para o ambiente. Estas diferenças podem estar relacionadas ao gesto técnico diversificado em um treino de modalidade desportiva coletiva em relação ao exercício em remoergômetro, que exige um movimento de flexão de cotovelo constante além de uma contração estática nos flexores do punho para segurar a barra (*handle*) durante todo o exercício.

As mudanças térmicas observadas nos membros inferiores também foram equivalentes entre os dois protocolos, sendo que em todas as RCI a T_P reduziu exatamente após o exercício. Durante a recuperação, o quadríceps e isquiotibiais apresentaram um restabelecimento térmico com 10 minutos de recuperação, enquanto a T_P das panturrilhas não retornou ao valor basal. É interessante destacar que o quadríceps foi a RCI que apresentou a menor diminuição na temperatura em ambos os protocolos, com redução média de 0,6 °C após cada exercício. Além disso, esta resposta de diminuição não foi consistente em todos os avaliados, já que foram observados 6 casos no exercício máximo onde a temperatura aumentou após o exercício, com variações entre 0,1 °C e 1,6 °C, e 5 casos no exercício moderado com aumentos entre 0,3 °C e 2,3 °C. A elevação da T_P sobre os músculos ativos observada no quadríceps é evidencia de transferência direta de calor do músculo para

a superfície corporal [20], já que a atividade metabólica dos tecidos sobrejacentes à pele interfere na sua temperatura [3,4].

Merla et al. [57] submeteram 15 homens a um teste máximo em esteira e verificaram reduções gradativas na T_P do antebraço, da região anterior do tronco e do quadríceps. Estes resultados são similares ao do presente estudo, exceto com relação ao antebraço onde verificamos um aumento na T_P ocasionado pela diferença no gesto técnico entre os ergômetros. Da mesma forma, Bertucci et al. [10] observaram uma redução na T_P do quadríceps durante um teste progressivo máximo realizado em cicloergômetro em ciclistas atribuído à capacidade de dissipação de calor para o ambiente. Em contrapartida, outros autores [61] demonstraram um aumento na T_P do reto femoral e vasto lateral e manutenção da T_P no bíceps femoral e gastrocnêmio medial após um teste progressivo realizado até a exaustão em cicloergômetro de membros inferiores. Neste último estudo é importante destacar que o suor foi removido nas RCI avaliadas previamente à obtenção dos termogramas, o que pode ter influenciado nos valores de temperatura obtidos.

É importante ressaltar que além da vasoconstrição cutânea e evaporação do suor, o mecanismo de convecção pode contribuir com as alterações térmicas observadas, tendo em vista que o deslocamento anteroposterior durante o exercício em remoergômetro proporciona uma circulação de fluxo de ar na pele, o que contribui para que o calor na superfície corporal seja dissipado para o ambiente.

Segundo Adamczky et al. [2] o período de 30 minutos de recuperação deve permitir que a T_P sobrejacente ao grupo muscular exercitado retorne aos níveis de repouso, indicando uma estimativa de recuperação pós-esforço. Os resultados de nosso estudo demonstram que este período de restabelecimento térmico pode variar em função de fatores como o nível de solicitação do grupo muscular, intensidade e duração do exercício. A T_P sobre a coxa, dorsal superior e abdômen apresentaram uma recuperação térmica ao nível basal dentro de 30 minutos, enquanto outras regiões ativas como o bíceps braquial e antebraço permaneceram com fluxo de calor elevado acima repouso nos dois protocolos de exercício. Por fim, a região lombar e panturrilhas não retornaram às condições basais, enquanto no peitoral o restabelecimento térmico foi verificado apenas na condição de exercício moderado.

É possível considerar como fator limitante do estudo a ausência do registro da temperatura interna, o que poderia fornecer informações interessantes sobre comportamento dos ajustes termorregulatórios centrais. Contudo, este estudo contribui para a melhor compreensão de mecanismos hemodinâmicos e de termorregulação durante o exercício máximo de curta duração e moderado prolongado realizados em remoergômetro. É importante ressaltar que os participantes deste estudo foram indivíduos fisicamente ativos, porém não remadores. Portanto, a resposta térmica da pele de indivíduos bem adaptados ao remoergômetro pode ser diferente.

Tendo em vista que outros estudos verificaram um efeito da carga de treinamento na T_P dentro de um período de 8 h [28] e 24 h e 48 h após o exercício [5,8,9], nossas considerações sobre a recuperação se restringem ao período de 30 minutos de monitoramento termográfico realizado. Trabalhos subsequentes devem verificar se a recuperação da T_P ao nível basal mensurada por termografia pode ser associada à recuperação do processo inflamatório muscular induzido pelo exercício.

4.7. Conclusão

Em conclusão, os exercícios em remoergômetro de curta duração e máxima intensidade *versus* o exercício moderado com duração de 45 minutos proporcionam respostas térmicas da pele específicas ao longo do tempo e de diferente magnitude nas RCI do peitoral, abdômen e dorsal superior. A resposta da T_P não difere significativamente entre os diferentes tipos de exercício na lombar, nos membros superiores e inferiores.

Imediatamente após o término dos exercícios há uma redução na T_P em todas as RCI do tronco e membros inferiores. As maiores reduções após o exercício máximo foram observadas na lombar, peitoral, abdômen, panturrilhas, dorsal superior, isquiotibiais e quadríceps. Já após o exercício moderado as RCI que apresentaram as maiores reduções foram a lombar, abdômen e dorsal superior, panturrilhas, peitoral, isquiotibiais e quadríceps.

Durante o período de 30 minutos de recuperação a T_P da coxa, dorsal superior e abdômen retornou ao nível basal nos dois protocolos de exercício,

enquanto na região lombar e panturrilhas a T_P permaneceu com valores inferiores ao de repouso. A T_P no peitoral se restabeleceu durante a recuperação do exercício moderado, mas não no exercício máximo.

As RCI dos membros superiores mantiveram a T_P após os dois protocolos de exercício e apresentaram elevação na temperatura em relação aos valores basais durante o período de recuperação. Há uma tendência de sustentação da T_P acima da condição de repouso no exercício máximo e redução na T_P em direção ao valor de repouso no exercício moderado, sugerindo que a intensidade do exercício interfere no tempo de restabelecimento térmico no bíceps braquial e antebraço.

4.8. Referências

1. Abate M, Di Carlo L, Di Donato L, Romani GL, Merla A. Comparison of cutaneous termic response to a standardised warm up in trained and untrained individuals. J Sports Med Phys Fitness 2013; 53: 209-215
2. Adamczyk JG, Boguszewski D, Siewierski M. Thermographic evaluation of lactate level in capillary blood during post-exercise recovery. Kinesiology 2014; 46: 186-193
3. Akimov E, Andreev R, Arkov V, Kirdin A, Saryanc V, Sonkin V, Tonevitsky A. Thermal "portrait" of sportsmen with different aerobic capacity. AKUT 2009; 14: 7-16
4. Akimov EB, Andreev RS, Kalenov Iu N, Kirdin AA, Son'kin VD, Tonevitskii AG. Human temperature portrait and its relations with aerobic working capacity and the level of blood lactate. Fiziol Cheloveka 2010; 36: 89-101
5. Al-Nakhli HH, Petrofsky JS, Laymon MS, Berk LS. The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. J Vis Exp 2012; 59: e3551
6. Ammer K, Ring EF. Standard Procedures for Infrared Imaging in Medicine. In: Bronzino JD. Medical Systems and Devices. Boca Raton: CRC Press 2006: 1-14
7. Arfaoui A, Bertucci W, Letellier T, Polidori G. Thermoregulation during incremental exercise in master cycling. J Sci Cycling 2014; 3: 33-41
8. Bandeira F, Moura MAM, Souza MA, Nohama P, Neves EB. Can thermography aid in the diagnosis of muscles injury in soccer athletes? Rev Bras Med Esporte 2012; 18: 246-251
9. Bandeira F, Neves EB, Moura MAM, Nohama P. The thermography in support for diagnosis of muscle injury in sport. Rev Bras Med Esporte 2014; 20: 59-64

10. Bertucci W, Arfaoui A, Janson L, Polidori G. Relationship between the gross efficiency and muscular skin temperature of lower limb in cycling: a preliminary study. Comput Methods Biomech Biomed Engin 2013; 16 Suppl 1: 114-115

11. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc 1982; 14: 377-381

12. Brioschi ML, Macedo JF, Macedo RdAC. Skin thermometry: news concepts. J Vasc Bras 2003; 2: 151-160

13. Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BS, Roberts WO, Stone JA. National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. J Athl Train 2000; 35: 212-224

14. Cerne T, Kamnik R, Vesnicer B, Zganec Gros J, Munih M. Differences between elite, junior and non-rowers in kinematic and kinetic parameters during ergometer rowing. Hum Mov Sci 2013; 32: 691-707

15. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. J Appl Physiol 2010; 109: 1221-1228

16. Chisholm DM, Collis ML, Kulak LL, Davenport W, Gruber N. Physical activity readiness. BCMJ 1975; 17: 375-378

17. Chudecka M, Lubkowska A. Temperature changes of selected body's surfaces of handball players in the course of training estimated by thermovision, and the study of the impact of physiological and morphological factors on the skin temperature. J Therm Biol 2010; 35: 379-385

18. Chudecka M, Lubkowska A. 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. Hum Mov 2012; 13: 33-39

19. Chudecka M, Lubkowska A. Thermal maps of young women and men. Infrared Phys & Technol 2015; 69: 81-87

20. Clark RP, Mullan BJ, Pugh LG. Skin temperature during running--a study using infra-red colour thermography. J Physiol 1977; 267: 53-62

21. Costa CMA. Técnicas de mensuração da temperatura corporal: uma especial atenção para as variações da temperatura da pele mensuradas por termografia ao longo do dia [Dissertação.]. Viçosa Universidade Federal de Viçosa; 2012

22. Crandall CG, Wilson TE, Kregel KC. Mechanisms and modulators of temperature regulation. J Appl Physiol 2010; 109: 1219-1220

23. Davis JA, Storer TW, Caiozzo VJ, Pham PH. Lower reference limit for maximal oxygen uptake in men and women. Clin Physiol Funct Imaging 2002; 22: 332-338

24. Edvardsen E, Hem E, Anderssen SA. End criteria for reaching maximal oxygen uptake must be strict and adjusted to sex and age: a cross-sectional study. PloS One 2014; 9: e85276

25. Fernandes AA, Amorim PR, Brito CJ, de Moura AG, Moreira DG, Costa CM, Sillero-Quintana M, Marins JC. Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. Physiol Meas 2014; 35: 189-203

26. Fernandes AA, Amorim PRS, Prímola-Gomes TN, Sillero-Quintana M, Fernández Cuevas I, Silva RG, Pereira JC, Marins JCB. Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: uma revisão sistemática. Rev Andal Med Deporte 2012; 5: 113-117

27. Fernández-Cuevas I, Bouzas Marins JC, Arnáiz Lastras J, Gómez Carmona PM, Piñonosa Cano S, García-Concepción MÁ, Sillero-Quintana M. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. Infrared Phys Technol 2015; 71: 28-55

28. Fernández-Cuevas I, Sillero-Quintana M, Garcia-Concepcion MA, Serrano JR, Gomes-Carmona P, Marins JCB. Monitoring skin thermal response to training with infrared thermography. New Stud Athlet 2014; 29: 57-71

29. Field A. Discovering statistics using SPSS. 3 ed: Sage, 2009

30. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, Nieman DC, Swain DP. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. Med Sci Sports Exerc 2011; 43: 1334-1359

31. Gee TI, French DN, Gibbon KC, Thompson KG. Consistency of pacing and metabolic responses during 2000-m rowing ergometry. IJSPP 2013; 8: 70-76

32. Gomes MB, Lerario AC, Milech A, Angelucci AP, Golbert A, Carrilho AJF. Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes. Sociedade Brasileira de Diabetes 2009

33. Gonzalez-Alonso J. ATP as a mediator of erythrocyte-dependent regulation of skeletal muscle blood flow and oxygen delivery in humans. The Journal of physiology 2012; 590: 5001-5013

34. Gonzalez-Alonso J, Crandall CG, Johnson JM. The cardiovascular challenge of exercising in the heat. J Physiol 2008; 586: 45-53

35. Havenith G, Fogarty A, Bartlett R, Smith CJ, Ventenat V. Male and female upper body sweat distribution during running measured with technical absorbents. Eur J Appl Physiol 2008; 104: 245-255

36. Hernandez AJ, Nahas RM, Rodrigues T, Meyer F, Zogaib P, Lazolli JK, Magni JRT, Marins JCB, Carvalho T, Drummond FA, Daher SS. Dietary changes, water replacement, food supplements and drugs: evidence of ergogenic action and potential health risks. Rev Bras Med Esporte 2009; 15: 3-12

37. Hildebrandt C, Zeilberger K, Ring EFJ, Raschner C (2012). The application of medical infrared thermography in sports medicine. In Zaslav KR (Ed.), *An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury* (p.534): InTech.

38. Holwerda SW, Restaino RM, Fadel PJ. Adrenergic and non-adrenergic control of active skeletal muscle blood flow: Implications for blood pressure regulation during exercise. Auton Neurosci 2015; 188: 24-31

39. Howley ET, Bassett DR, Jr., Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. Med Sci Sports Exerc 1995; 27: 1292-1301

40. Hue O, Henri S, Baillot M, Sinnapah S, Uzel AP. Thermoregulation, hydration and performance over 6 days of trail running in the tropics. Int J Sports Med 2014; 35: 906-911

41. Hunold S, Mietzsch E, Werner J. Thermographic studies on patterns of skin temperature after exercise. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1992; 65: 550-554

42. Jackson A, Pollock M. Generalized equations for predicting body density of men. The Br J Nutr 1978; 40: 497-504

43. Jiao J, Yao L, Lia Y, Wong SH-S, Ng FS-F, Teng Y, Guo Y. Thermal physiology and local responses of human body during exercise in hot conditions. JFBI 2012; 5: 115-124

44. Johnson JM. Exercise in a hot environment: the skin circulation. Scand J Med Sci Sports 2010; 20 Suppl 3: 29-39

45. Johnson JM, Kellogg DL, Jr. Thermoregulatory and thermal control in the human cutaneous circulation. Front Biosci 2010; 2: 825-853

46. Journeay WS, Carter R, 3rd, Kenny GP. Thermoregulatory control following dynamic exercise. Aviat Space Environ Med 2006; 77: 1174-1182

47. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. Ann Med Exp Biol Fenn 1957; 35: 307-315

48. Kenny GP, Journeay WS. Human thermoregulation: separating thermal and nonthermal effects on heat loss. Front Biosci 2010; 15: 259-290

49. Kesaniemi YK, Danforth E, Jr., Jensen MD, Kopelman PG, Lefebvre P, Reeder BA. Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. Med Sci Sports Exerc 2001; 33: S351-358

50. Laughlin MH, Davis MJ, Secher NH, van Lieshout JJ, Arce-Esquivel AA, Simmons GH, Bender SB, Padilla J, Bache RJ, Merkus D, Duncker DJ. Peripheral circulation. Compr Physiol 2012; 2: 321-447

51. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart ALC. International Standards for Anthropometric Assessment. South Africa: Potchefstroom; 2006

52. Marins JCB. Hidratação na atividade física e no esporte: equilíbrio hidromineral. Várzea Paulista: Fontoura, 2011

53. Marins JCB, Fernandes A A, Moreira DG, Silva FS, Costa CMA, Pimenta EM, Sillero-Quintana M. Thermographic profile of soccer players' lower limbs. Rev Andal Med Deporte 2014; 7: 1-6

54. Marins JCB, Fernandes AA, Cano SP, Moreira DG, Silva FS, Costa CMA, Fernandez-Cuevas I, Sillero-Quintana M. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). J Therm Biol 2014; 42: 1-8

55. Marins JCB, Moreira DG, Cano SP, Quintana MS, Soares DS, Fernandes AA, Silva FS, Costa CMA, Amorim PRS. Time required to stabilize thermographic images at rest. Infrared Phys Technol 2014; 65: 30-35

56. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003

57. Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. Ann Biomed Eng 2010; 38: 158-163

58. Moreira DG. Termografia corporal em repouso de homens e mulheres [Dissertação]. Viçosa Universidade Federal de Viçosa, 2011

59. Mortensen SP, Saltin B. Regulation of the skeletal muscle blood flow in humans. Exp Physiol 2014; 99: 1552-1558

60. Poole DC, Wilkerson DP, Jones AM. Validity of criteria for establishing maximal O2 uptake during ramp exercise tests. Eur J Appl Physiol 2008; 102: 403-410

61. Priego Quesada JI, Carpes FP, Bini RR, Salvador Palmer R, Perez-Soriano P, Cibrian Ortiz de Anda RM. Relationship between skin temperature and muscle activation during incremental cycle exercise. J Therm Biol 2015; 48: 28-35

62. Sawka MN, Cheuvront SN, Kenefick RW. High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. Exp Physiol 2012; 97: 327-332

63. Shibasaki M, Crandall CG. Mechanisms and controllers of eccrine sweating in humans. Front Biosci 2010; 2: 685-696

64. Shibasaki M, Wilson TE, Crandall CG. Neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. J Appl Physiol 2006; 100: 1692-1701

65. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. Nutrition 1961; 9: 480-491

66. Smith CJ, Havenith G. Body mapping of sweating patterns in athletes: a sex comparison. Med Sci Sports Exerc 2012; 44: 2350-2361

67. Soper C, Hume PA. Reliability of power output during rowing changes with ergometer type and race distance. Sports Biomech 2004; 3: 237-248

68. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. J Am Coll Cardiol 2001; 37: 153-156

69. Taylor NAS, Tipton MJ, Kenny GP. Considerations for the measurement of core, skin and mean body temperatures. J Therm Biol 2014; 46: 72-101

70. Torii M, Yamasaki M, Sasaki T, Nakayama H. Fall in skin temperature of exercising man. Br J Sports Med 1992; 26: 29-32

71. Vainer BG. FPA-based infrared thermography as applied to the study of cutaneous perspiration and stimulated vascular response in humans. Phys Med Biol 2005; 50: R63-94

72. Vargas JVC, Brioschi ML, Dias FG, Parolin MB, Mulinari-Brenner FA, Ordonez JC, Colman D. Normalized methodology for medical infrared imaging. Infrared Phys Technol 2009; 52: 42-47

73. Zontak A, Sideman S, Verbitsky O, Beyar R. Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. Ann Biomed Eng 1998; 26: 988-993

5. CONCLUSÕES GERAIS

A realização deste trabalho possibilitou algumas conclusões relacionadas à resposta da T_P em diferentes tipos de exercício realizados em remoergômetro e sobre a comparação de termogramas obtidos por 2 câmeras térmicas de diferente resolução.

No artigo 1, pode-se concluir que termogramas obtidos por diferentes câmeras termográficas podem apresentar divergência nos valores de T_P, sendo os valores superiores obtidos pela câmera de maior resolução. No entanto, as diferenças de temperatura verificadas entre as câmeras não prejudicam a avaliação da simetria térmica bilateral das panturrilhas.

Com relação ao artigo 2, conclui-se que o exercício de alta intensidade em remoergômetro realizado com diferentes segmentos corporais proporciona uma resposta térmica da pele específica e de diferente magnitude em cada RCI avaliada. A forma de movimentação corporal interfere no padrão das respostas térmicas da pele, principalmente quando a solicitação do quadríceps, dorsal superior e braço é alterada com as variações de exercício. Imediatamente após o exercício ocorre uma redução na T_P em grandes grupos musculares quando comparado aos valores de repouso, enquanto que o bíceps braquial e antebraço mantêm os valores basais após o exercício de corpo inteiro (T_{2000m}) e apresentam uma elevação na temperatura no exercício T_{MS}. Durante o período de recuperação, os grandes grupos musculares mais solicitados apresentaram restauração térmica no primeiro momento da recuperação, enquanto regiões inativas permaneceram abaixo do *baseline* ou apresentaram restauração térmica atrasada. Nos braços, a T_P aumenta acima do *baseline* com maior magnitude no T_{MS} em comparação ao T_{2000m}, permanecendo elevada de modo equivalente em ambos os testes nos demais momentos da recuperação, enquanto no T_{MI} permanece abaixo dos valores de repouso no bíceps braquial e retorna à condição de repouso no antebraço 10 minutos após o exercício. O período de 30 minutos de recuperação após o exercício de alta intensidade e curta duração é suficiente para um retorno da homeostase da T_P em grandes grupos musculares solicitados durante o exercício, mas não no braço ou em RCI inativas.

No que se refere ao artigo 3, conclui-se que os exercícios em remoergômetro de curta duração e máxima intensidade *versus* o exercício moderado prolongado proporcionam respostas térmicas da pele específicas e de diferente

magnitude nas RCI do peitoral, abdômen e dorsal superior. A resposta da T_P não difere significativamente entre os diferentes tipos de exercício na lombar, nos membros superiores e inferiores. Imediatamente após o término dos exercícios há uma redução na T_P em todas as RCI do tronco e membros inferiores. As maiores reduções após o exercício máximo foram observadas na lombar, peitoral, abdômen, panturrilhas, dorsal superior, isquiotibiais e quadríceps. Já após o exercício moderado as RCI que apresentaram as maiores reduções foram a lombar, abdômen e dorsal superior, panturrilhas, peitoral, isquiotibiais e quadríceps. Durante o período de 30 minutos de recuperação a T_P da coxa, dorsal superior e abdômen retornou ao nível basal nos dois protocolos de exercício, enquanto na região lombar e panturrilhas a T_P permaneceu com valores inferiores ao de repouso. A T_P no peitoral se restabeleceu durante a recuperação do exercício moderado, mas não no exercício máximo. As RCI dos membros superiores mantêm a T_P após os dois protocolos de exercício e apresentam elevação na temperatura em relação aos valores basais durante o período de recuperação. Há uma tendência de sustentação da T_P acima da condição de repouso no exercício máximo e redução na T_P em direção ao valor de repouso no exercício moderado, sugerindo que a intensidade do exercício interfere no tempo de restabelecimento térmico no bíceps braquial e antebraço.

ANEXOS

QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO DE ATIVIDADE FÍSICA - PAR-Q

Sim	Não	PERGUNTA
		O seu médico já lhe disse alguma vez que você apresenta um problema cardíaco e que somente deveria realizar a atividade física recomendada por um médico?
		Você apresenta dor em seu tórax ao realizar atividade física?
		No mês passado você teve dor torácica quando não estava realizando atividade física?
		Você perde o equilíbrio em virtude de vertigem ou já perdeu a consciência?
		Você tem algum problema ósseo ou articular que poderia ser agravado por uma mudança em sua atividade?
		Atualmente seu médico está prescrevendo medicamentos (ex., pílulas diuréticas) para sua pressão arterial ou condição cardíaca?
		Você tem conhecimento de qualquer outra razão pela qual não deveria realizar atividade física?

Se você respondeu:

Sim a mais de uma pergunta	Se você não consultou seu médico recentemente, consulte-o por telefone ou pessoalmente, ANTES de intensificar suas atividades físicas /ou de ser avaliado para um programa de condicionamento físico. Diga a seu médico que perguntas você respondeu com um SIM a este questionário conhecido como PAR-Q ou mostre a cópia deste questionário.
Não a todas as perguntas	Se você respondeu a este questionário corretamente, você pode ter uma razoável garantia de apresentar as condições adequadas para: Um programa de exercícios gradativos – um aumento gradual na intensidade dos exercícios adequados promove um bom desenvolvimento do condicionamento físico, ao mesmo tempo em que minimiza ou elimina o desconforto associado.

ANAMNESE SOBRE HISTÓRICO ATUAL

Sim	Não	Pergunta	Complemento
		Você fuma ou já fumou?	Por quanto tempo? Há quanto tempo parou? Quantos por dia?
		Você tem problema de pressão arterial?	Há quanto tempo? Alta ou baixa?
		Você tem problema de colesterol?	Há quanto tempo? Faz controle? ( ) S ( ) N
		Você é diabético?	Há quanto tempo: Faz Controle? ( ) S ( ) N
		Você alguma vez sentiu dor no coração ou no peito?	
		Algumas vezes você já sentiu o coração falhar?	
		Seus tornozelos ficam frequentemente inchados?	
		Seus pés e mãos ficam gelados e trêmulos, mesmo em tempo de calor?	
		Você sofre de cãimbras nas pernas?	
		Você já ficou com falta de ar sem qualquer razão?	
		Alguma vez um médico lhe disse que você tem algum comprometimento cardíaco, ou alteração no ECG?	
		Já teve tosse matinal?	Com que Frequência?
		Você se considera uma pessoa	( ) calma ( ) agitada ( ) competitiva ( ) meio termo
		Já teve problema de depressão?	Há quanto tempo? Faz controle? ( ) S ( ) N
		Faz uso de algum medicamento?	Há quanto tempo? Quais?
		Sofre de dor de cabeça ou enxaqueca frequentes?	Há quanto tempo? Faz Controle? ( ) S (

			) N
		Já fez alguma cirurgia?	Há quanto tempo? Qual?
		Você já teve problemas com calor?	
		Você tem algum pino, placa, parafuso, ou qualquer objeto de metal em seu corpo?	
		Já fraturou alguma coisa?	Qual região? Há quanto tempo?
		Sente alguma dor?	Qual? Há quanto tempo?
		Sente fadiga crescente, distúrbios de sono ou irritabilidade crescente?	Há quanto tempo?
		Suas articulações são doloridas ou inchadas?	Há quanto tempo?
		Sofre de problemas renais, tais como, expulsão de cálculos?	Há quanto tempo?
		Quaisquer problemas de estômago ou intestinos?	Há quanto tempo?
		Qualquer problema importante de visão ou audição?	Há quanto tempo?
		Glaucoma ou pressão nos olhos?	Há quanto tempo?
		Você é alérgico alguma coisa?	Há quanto tempo?
		Apresenta problema de varizes?	Há quanto tempo? Localização:
		Sua atividade de trabalho é	( ) leve ( ) moderada ( ) intensa
		Você se considera submetido a estresse frequentes?	
		Doenças da próstata?	Há quanto tempo?
		Você é consumidor de alguma droga ilícita?	Qual? Frequência:
		Teve filho(s)?	Há quanto tempo? ( ) Normal ( ) Cesária
		Sua menstruação é regular?	
		Você faz uso de anticoncepcional?	

		Possui algum problema ósseo ou articular?	

Comentários:

_____

ANTECEDENTES MÓRBIDOS

Você já teve alguma vez?

( ) Ataque cardíaco	( ) Febre reumática	( ) Sopro cardíaco
( ) Luxações	( ) Arteriosclerose	( ) Veias varicosas
( ) Artrite nas pernas e braços	( ) Bronquite	( ) Tonteiras
( ) Desmaios	( ) Epilepsia	( ) Acidente cerebral
( ) Asma	( ) Anemia	( ) Problemas de tireoide

( ) Anormalidades radiográficas no tórax

( ) Algum problema nervoso ou emocional

Comentários:

_____

ANAMNESE SOBRE ATIVIDADE FÍSICA

Sim	Não	Pergunta	Complemento
		Você está normalmente inscrito em um programa de exercícios?	
		Você anda ou corre regularmente 1.6 km ou mais continuamente? Qual seu tempo médio por quilômetro?	
		Participa frequentemente de esportes competitivos? Quais as modalidades?	
		Participa frequentemente de esportes com características de lazer? Quais modalidades?	
		Você já praticou alguma atividade em academia anteriormente? Quais atividades? Durante quanto tempo?	

Comentários:

_____

HISTÓRICO MÉDICO FAMILIAR

Doenças na família:

Algum de seus parentes consanguíneos teve alguma das seguintes doenças? (incluindo avos, tios e tias, mas excluindo primos, parentes pelo casamento e por afinidade).

[ ] Ataque cardíaco abaixo de 50 anos

[ ] Acidente cerebral abaixo de 50 anos

[ ] Diabetes

[ ] Pressão alta

[ ] Colesterol elevado

[ ] Obesidade (20 kg ou mais acima do peso)

[ ] Leucemia ou câncer (abaixo dos 60 anos)

[ ] Asma

[ ] Doença cardíaca congestiva

[ ] Operações cardíacas

[ ] Glaucoma

Comentários:

_____

FICHA DE PRODUTIVIDADE

MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Universidade Federal de Viçosa **Departamento de Educação Física**	**Universidade Federal de Juiz de Fora** **Faculdade de Educação Física e Desportos**

FOLHA DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO CURSO

1. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS COMPLETOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS

1. FERNANDES, A. A.; **SILVA, A. G**.; PEREIRA, J. C.; VALLE, M. A. A. N.; SILVA, R. G.; MARINS, J. C. B. Resposta da temperatura da pele das mãos durante a realização de teste submáximo em cicloergômetro. Pan American Journal of Medical Thermology, v. 1, p. 17-21, 2014.

Origem:
[ ] Trabalho originário de disciplina do mestrado.
[ ] Trabalho originário do texto da dissertação.
[x] Trabalho originário de outras parcerias.

2. **SILVA, A. G**.; MARINS, J. C. B. Proposta de bateria de testes físicos para jovens jogadores de futebol e dados normativos. Revista Brasileira de Futebol, v. 6, p. 13-29, 2014.

Origem:
[x] Trabalho originário de disciplina do mestrado: EFI 610
[ ] Trabalho originário do texto da dissertação.
[ ] Trabalho originário de outras parcerias.

3. **SILVA, A. G**.; MACHADO, L. F.; RODRIGUES, V. D.; ANTUNES, S. F. Prevenção e promoção da saúde: Educação Física no cenário da Saúde Coletiva. Revista Conhecimento Online, v. 2, p. 1-8, 2013.

Origem:
[ ] Trabalho originário de disciplina do mestrado.
[ ] Trabalho originário do texto da dissertação.
[x] Trabalho originário de outras parcerias.

4. SILVA, J. N.; RODRIGUES, V. D.; **SILVA, A. G**.; SOARES, W. D.; ANTUNES, S. F. Educação Permanente em Educação através da educação à distância: uma breve introdução. Saúde e Pesquisa, v. 6, p. 503-509, 2013.

Origem:
[ ] Trabalho originário de disciplina do mestrado.
[ ] Trabalho originário do texto da dissertação.
[x] Trabalho originário de outras parcerias.

2. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS ACEITOS EM PERIÓDICOS

Não há.

3. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS SUBMETIDOS EM PERIÓDICOS

AUTORES: Alisson Gomes da Silva, Vinícius Dias Rodrigues, Carlos Gabriel de Lade, Antonio Trajano de Morais Neto, Leonardo Ferreira Machado, João Carlos Bouzas Marins.
TÍTULO: Efeito de um programa de exercício físico na pressão arterial em hipertensos assistidos por equipe de Saúde Coletiva.
REVISTA: HU Revista.

Origem:
[x] Trabalho originário de disciplina do mestrado: EFI 616
[ ] Trabalho originário do texto da dissertação.
[ ] Trabalho originário de outras parcerias

AUTORES: Alisson Gomes da Silva, Priscila Rita Niquini Ribeiro Lopes, Carlos Gabriel de Lade, Antonio José Natali, João Carlos Bouzas Marins.
TÍTULO: Efeito de diferentes programas de exercício físico na saúde óssea e aptidão física em mulheres com osteoporose: uma breve revisão sistemática de estudos clínicos randomizados.
REVISTA: Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil.

Origem:
[x] Trabalho originário de disciplina do mestrado: EFI 613
[ ] Trabalho originário do texto da dissertação.
[ ] Trabalho originário de outras parcerias

AUTORES: Carlos Gabriel de Lade, João Carlos Bouzas Marins, Antonio José Natali, Alisson Gomes da Silva, Priscila Rita Niquini Ribeiro Lopes, Paulo Roberto Amorim.
TÍTULO: Exercícios na claudicação intermitente: uma revisão sistemática de estudos clínicos randomizados.
REVISTA: ConScientiae Saúde.

Origem:
[x] Trabalho originário de disciplina do mestrado: EFI 613
[ ] Trabalho originário do texto da dissertação.
[ ] Trabalho originário de outras parcerias

4. LIVROS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS

Não há.

5. PARTICIPAÇÃO EM CAPÍTULO DE LIVROS PUBLICADOS

Não há.

6. PARTICIPAÇÃO EM JORNAIS DE NOTÍCIAS OU REVISTAS

Não há.

7. PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS, SEMINÁRIOS, CURSOS, SIMPÓSIOS COMO PALESTRANTE

Evento: X Semana Acadêmica de Educação Física e Fisioterapia.
Título: Aplicações da termografia no esporte.
Data: 23 de outubro de 2014.
Local: Juiz de Fora - MG.
Órgão promotor: Curso de Educação Física - Faculdade Estácio de Sá Juiz de Fora.
Público estimado: aproximadamente 100 pessoas.

8. RESUMOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSOS

1. **SILVA, A. G.**; OLIVEIRA, S. A. F.; STROPPA, G. M.; ALBUQUERQUE, M. R.; MARINS, J. C. B. Comparação de imagens termográficas obtidas por duas câmeras. In: 3° Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia, 2014, João Pessoa-PB. Revista Brasileira de Ciências da Saúde, 2014.

2. STROPPA, G. M.; **SILVA, A. G.**; OLIVEIRA, S. A. F.; FERNANDES, A. A.; MARINS, J. C. B. Diferenças da temperatura da pele entre as regiões anterior e posterior do cotovelo e joelho. In: 3° Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia, 2014, João Pessoa-PB. Revista Brasileira de Ciências da Saúde, 2014.

3. **SILVA, A. G.**; STROPPA, G. M.; MARINS, J. C. B.; OLIVEIRA, S. A. F.; ALBUQUERQUE, M. R. Resposta da temperatura da pele ao teste de 2000 m em remoergômetro em indivíduos fisicamente ativos. In: 37° Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, 2014, São Paulo. Lições e Sonhos na Atividade Física e no Exercício, 2014. v. 22. p. 85.

4. SILVA, J. A. D.; **SILVA, A. G.**; STROPPA, G. M. ; MARINS, J. C. B. Frequência cardíaca máxima obtida em remoergômetro: existem diferenças entre os sexos? In: 37° Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, 2014, São Paulo. Lições e Sonhos na Atividade Física e no Exercício, 2014. v. 22. p. 95.

5. OLIVEIRA, S. A. F.; **SILVA, A. G.**; LIMA, M. F.; MARINS, J. C. B. Comportamento da temperatura da pele em exercício progressivo para membros superiores. In: 37° Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, 2014, São Paulo. Lições e Sonhos na Atividade Física e no Exercício, 2014. v. 22. p. 90.

6. SILVA, V. V.; **SILVA, A. G.**; MARINS, J. C. B.; LIMA, M. F. Comportamento de marcadores bioquímicos em jogadores profissionais de futebol durante uma temporada. In: 37° Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, 2014, São Paulo. Lições e Sonhos na Atividade Física e no Exercício, 2014. v. 22. p. 90.

7. STROPPA, G. M.; **SILVA, A. G.**; MOREIRA, D. G.; SANTOS, M. C.; FERNANDES, A. A.; MARINS, J. C. B. Diferença de temperatura da pele entre as

regiões anterior e posterior dos joelhos em jogadoras de futebol profissional. In I Simpósio Internacional de Futebol da UFJF, 2014, Juiz de Fora. Revista Brasileira de Futebol, 2014, v. 7, n. 1, p. 93.

9. VISITAS TÉCNICAS, INTERCÂMBIOS OU ESTÁGIOS

Instituição:
Data:
Local:
Órgão promotor:

10. ORIENTAÇÕES

Nome do Aluno (Matrícula):
Título do trabalho:
Data:

11. PARTICIPAÇÃO EM BANCAS

Nome do Aluno (Matrícula): Isabela de Souza Almeida (68348).
Título do trabalho: Whey Protein: principais efeitos ergogênicos.
Data: 15 de julho de 2014.
Nome dos demais membros da avaliação: João Carlos Bouzas Marins e Ceres Mattos Della Lucia.

12. AULAS MINISTRADAS DE GRADUAÇÃO NA UFV ou UFJF

Nome da disciplina:
Carga horária: