

Efeitos de uma competição oficial de *duathlon Sprint* na temperatura dos membros inferiores: respostas segundo momentos e dominância

Effects of an official *duathlon sprint* competition on lower limb temperature: response according to moments and dominance

Angélica Tamara Tuono¹ , Andressa Mella Pinheiro¹ , Nathália Arnosti Vieira² , Tiago Marques de Rezende¹ , Sérgio Henrique Borin³ , Charlini Simoni Hartz³ , Carlos Roberto Padovani⁴ , João Paulo Borin¹ 

1. Faculdade de Educação Física - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil

2. Red Bull Bragantino, Bragança Paulista, SP, Brasil

3. Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), Piracicaba, SP, Brasil

4. Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo, SP, Brasil

RESUMO

Introdução: A termografia contribui para detectar alterações fisiológicas causadas pelo esporte com o uso da temperatura da pele. **Objetivo:** Verificar diferenças na temperatura dos membros inferiores após uma competição de *duathlon sprint*. **Métodos:** Participaram sete duatletas (37 ± 8 anos, $72,3 \pm 6$ kg, $15,7 \pm 3\%$ e 171 ± 7 cm). Um termovisor FLIR® E8 (sensibilidade $\leq 0,06$ °C) foi usado para coletar imagens das regiões de interesse: quadríceps, tibiais, isquiotibiais e panturrilhas antes (M0), imediatamente após (M1) e 10 minutos após a competição (M2). **Resultados:** Os resultados indicam sensível diminuição da temperatura de quadríceps, tibiais e isquiotibiais em M1 comparado a M0. Em M2, é observada uma temperatura maior que em M0 nas panturrilhas, e que em M1 em quadríceps e tibiais. A competição resultou em uma sensível diminuição, seguida de um aumento da temperatura em todas as regiões, exceto nas panturrilhas, e não causou assimetrias entre membros dominantes e não dominantes. **Conclusão:** A termografia pode ser utilizada na análise de duatletas e assimetria entre membros, podendo auxiliar no planejamento e organização do treinamento dessa modalidade.

Palavras-chave: termografia; corrida; ciclismo; competição.

ABSTRACT

Introduction: Infrared Thermography has contributed to detect physiological changes caused by sports with the use of skin temperature. **Objective:** To verify the lower limb temperature after a *sprint duathlon* competition. **Methods:** Seven duathletes (37 ± 8 years, 72.3 ± 6 kg, $15.7 \pm 3\%$ and 171 ± 7 cm) participated. A FLIR® E8 thermal imager (sensitivity ≤ 0.06 °C) was used to collect images of regions of interest (ROI): quadriceps, tibialis, hamstrings, and calves before (M0), immediately after (M1) and 10 minutes after competition (M2). **Results:** The measures indicate a decrease ($p > 0.05$) in the temperature of the quadriceps, tibialis, and hamstrings in M1 compared to M0. In M2, a higher temperature is observed than in M0 in the calves, and in M1 in the quadriceps and tibial muscles. Compared to the beginning, competition resulted in a decrease in temperature immediately after in all regions, except calves, followed by an increase in the skin temperature of the analyzed ROI and did not cause asymmetries between dominant and non-dominant members. **Conclusion:** Thermography can be used in the analysis of duathletes and asymmetry between limbs and can help in the planning and organization of training in this modality.

Keywords: thermography; running; cycling; competition.

Recebido em: 2 de maio de 2020; aceito em: 9 de julho de 2021.

Correspondência: Angélica Tamara Tuono, Rua Olavo Bilac, 286 São Benedito 13520-000 São Pedro SP. angelicatuono91@hotmail.com

Introdução

O *duathlon* é uma modalidade cíclica de alta intensidade composta por corrida-ciclismo-corrida. Uma das distâncias oficiais em competições é a *sprint*, que consiste em 5 km de corrida, seguidos por 20 km de ciclismo e mais 2,5 de corrida [1,2], o que depende essencialmente da manifestação de capacidades como: resistência anaeróbia, força, velocidade e coordenação [3]. A modalidade vem ganhando praticantes de diferentes níveis no mundo todo [4], o que evidencia a necessidade de entendimento das respostas orgânicas, especialmente na competição.

Nessa perspectiva, a termografia infravermelha (TI) tem contribuído com informações importantes para detectar mudanças fisiológicas causadas pela prática esportiva, por meio da temperatura da pele [5-9]. A radiação emitida pelo corpo é interpretada em forma de imagens obtidas em tempo real, que identificam padrões térmicos, podendo fornecer parâmetros de diversos processos fisiológicos, já que estes são quase sempre acompanhados de um aumento da temperatura local ou sistêmica. A sensibilidade térmica da câmera é extremamente alta, dificultando, muitas vezes, a visualização de uma grande diferença na temperatura ao observar as imagens, e por esse motivo, faz-se necessária uma análise singularizada de forma criteriosa e cautelosa [10,11].

De fato, por meio da TI, alguns estudos apontam na direção do entendimento de indicadores como lesões [9], respostas agudas dos músculos após o esforço simulado [12,13], intensidade do exercício [14,15], análise de possíveis assimetrias entre membros e a diferença entre os grupos musculares [7-9,13,16]. No entanto, parece haver uma falta de informações relacionadas à análise de atletas em competições que, no contexto da teoria e metodologia do treinamento desportivo, aproxima a ciência da prática, podendo auxiliar no entendimento da modalidade e conseqüentemente, na organização e planejamento de treinamento.

No âmbito do *duathlon*, observa-se também uma ausência de informações, principalmente na distância *sprint*, quanto ao impacto que a competição provoca nos atletas em relação às alterações na temperatura da pele. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar a temperatura da pele dos membros inferiores, antes e após uma competição oficial de *duathlon sprint*.

Métodos

Amostra

Sete duatletas treinados do sexo masculino (37 ± 8 anos, $72,3 \pm 6$ kg, $15,7 \pm 3\%$ e 171 ± 7 cm) participaram deste estudo, durante uma prova oficial de *duathlon sprint*. A frequência semanal de treino era de seis dias e uma média de sete sessões, divididas entre corrida (38 ± 5 km), ciclismo (110 ± 25 km) e treinamento com pesos em academia com predomínio do desenvolvimento da força e potência (92 ± 13 minutos de duração; oito exercícios por sessão de treinamento com quatro séries de cinco

a oito repetições com 75-85% do máximo). Os critérios de inclusão foram: praticar a modalidade há pelo menos dois anos, não possuir nenhuma lesão osteomioarticular estabelecida nos trinta dias antecedentes à coleta, não ser fumante e não ingerir qualquer substância que altere o metabolismo. O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob o protocolo CAEE: 00348818.1.0000.5404.

Procedimento para coleta de dados

Os atletas foram submetidos ao protocolo de avaliação termográfica antes da realização da competição (M0), imediatamente após (M1) e 10 minutos após (M2).

As imagens infravermelhas foram obtidas por um termovisor da marca FLIR®, modelo E8, resolução integrada de 320 x 240 pixels, que possibilita aferir temperaturas entre -20°C até 250°C, com sensibilidade térmica de $\leq 0,06^\circ\text{C}$, precisão de $\pm 2^\circ\text{C}$ ou $\pm 2\%$ da leitura e sensibilidade térmica/NETD $< 30\text{ mK a } 30^\circ\text{C}$.

Antes das coletas, os atletas foram orientados a não consumir cafeína ou álcool, não usar qualquer tipo de produto na pele, não fazer uso de nenhum medicamento e não realizar exercícios físicos nas últimas 24 horas que antecederam a coleta. Esse cuidado teve confirmação verbal imediatamente antes do início das avaliações. Foram instruídos também a não pressionar, esfregar ou coçar a pele em nenhum momento até que estivesse completado todo o processo de coleta [17]. Todas as medidas foram realizadas pela manhã.

A câmera termográfica foi posicionada na sala de avaliação e ligada 20 minutos antes do início da coleta de dados para estabilização. Em seguida, os atletas permaneceram por 20 minutos nessa sala (temperatura $21 \pm 0,3^\circ\text{C}$ e umidade $75 \pm 4,9\%$) para que ocorresse o equilíbrio térmico [12]. Todos permaneceram em posição anatômica diante do avaliador, sobre um tapete e a uma distância de dois metros da câmera que foi mantida perpendicular às regiões de interesse (ROI). Foram realizadas a captura de duas imagens sendo uma anterior e uma posterior, e consideradas como ROI: quadríceps (A), tibiais (B), isquiotibiais (C) e panturrilhas (D), conforme mostrado na figura 1. Todas as imagens foram processadas usando um fator de emissividade de 0,98 para obter a temperatura da pele humana. A paleta *Rainbow* foi utilizada com escala fixa ($21^\circ\text{C} - 34^\circ\text{C}$). O software de processamento de termogramas *FlirTools*® foi usado para armazenamento, processamento e análise de imagens. Todas as imagens foram analisadas por profissional experiente e qualificado.

Análise estatística

Após a coleta de dados as informações foram processadas inicialmente com valores de média e desvio padrão e a normalidade foi verificada com o teste *Shapiro-Wilk*. A seguir, foi utilizada a Correlação de Pearson para análise entre grupos musculares e Anova *One-Way* de medidas repetidas para comparação das variáveis segundo momentos da avaliação. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

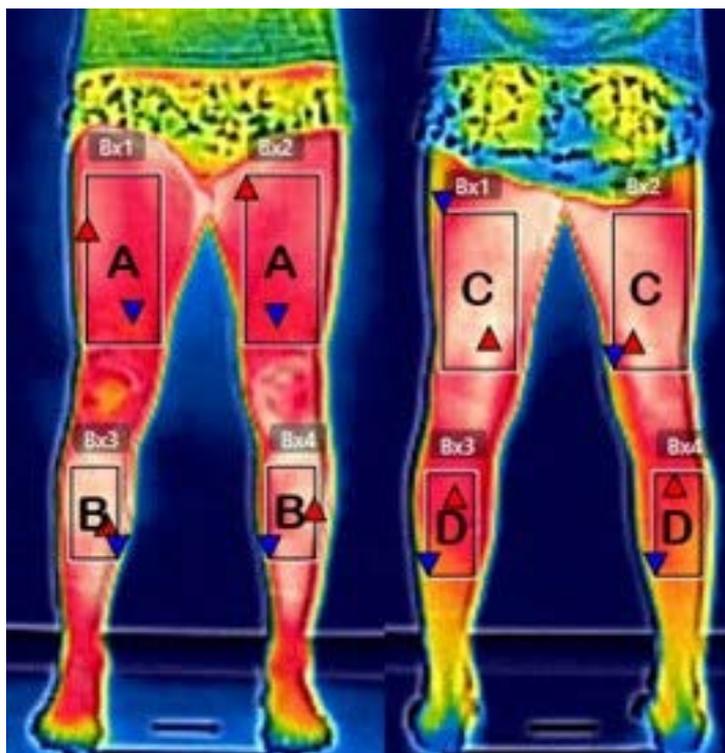


Figura 1 - Regiões de interesse (ROI) consideradas para análise: A = Quadríceps; B = Tibiais; C = Isquiotibiais; D = Panturrilhas

Resultados

Os resultados são apresentados em dois momentos. No primeiro (Tabela I) quanto a temperatura média das ROI e a diferença entre os três momentos avaliados, e a seguir (Tabela II), quanto à relação entre a temperatura e a dominância dos membros durante os três momentos de avaliação.

Na tabela I estão representados os valores da média e desvio padrão da temperatura das ROI em graus Celsius, e a respectiva diferença entre os três momentos de avaliação. Observa-se uma sensível diminuição da temperatura em M1 comparado a M0, em todas as regiões com exceção das panturrilhas. Já em M2, uma temperatura mais elevada é observada quando comparada a M0 nas panturrilhas, e que em M1 em quadríceps e tibiais ($p < 0,05$).

Tabela I - Média e desvio padrão da temperatura das ROI segundo momentos de avaliação e diferença entre os momentos

ROI	Momento			Diferença entre momentos			
	M0	M1	M2	Δ (°C) M0-M1	Δ % M0-M1	Δ (°C) M0-M2	Δ % M0-M2
Quadríceps	31,4 ± 0,4	31,1 ± 1,2	31,8 ± 1,0*	0,3	0,9	0,4	1,2
Tibiais	31,6 ± 0,4	31,5 ± 1,1	31,7 ± 0,9*	0,1	0,3	0,1	0,3
Isquiotibiais	32,0 ± 0,4	31,8 ± 0,7	31,9 ± 1,1	0,2	0,6	0,1	0,3
Panturrilhas	32,1 ± 0,4	32,5 ± 0,8	32,5 ± 0,8*	0,4	1,2	0,4	1,2

* $p < 0,05$

A tabela II apresenta valores da média e desvio padrão da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e as diferenças entre membros dominante e não dominante, em cada momento de avaliação. Observa-se um equilíbrio térmico em todas as ROI e momentos, com exceção da musculatura tibial em M0, onde nota-se uma temperatura mais elevada no membro dominante.

Tabela II - Média e desvio padrão da temperatura nas ROI e diferença em $^{\circ}\text{C}$ entre membros dominante e não dominante segundo momentos avaliados

ROI	Dominância	Momentos avaliados		
		M0	M1	M2
Quadríceps	Dominante	31,3 \pm 0,4	31,1 \pm 1,3	31,7 \pm 1,2
	Não-dominante	31,4 \pm 0,4	31,2 \pm 1,1	31,9 \pm 0,9
Tibiais	Dominante	31,8 \pm 0,4*	31,6 \pm 1,2	31,7 \pm 1,0
	Não-dominante	31,3 \pm 0,5	31,5 \pm 1,1	31,6 \pm 1,0
Isquiostibiais	Dominante	32,1 \pm 0,2	31,8 \pm 0,8	32,0 \pm 1,1
	Não-dominante	32,0 \pm 0,4	31,7 \pm 0,8	31,9 \pm 1,1
Panturrilhas	Dominante	32,1 \pm 0,4	32,1 \pm 0,6	32,4 \pm 0,7
	Não-dominante	32,2 \pm 0,4	31,8 \pm 0,6	32,5 \pm 0,9

* $p < 0,05$

Discussão

A partir do objetivo proposto, que buscou analisar o efeito de uma prova oficial na temperatura da pele de membros inferiores de duatletas, a presente discussão sinaliza em duas direções: 1) quanto ao comportamento da temperatura da pele entre as ROI e, 2) as assimetrias entre membros dominante e não dominante nos momentos avaliados.

Particularmente no primeiro momento, destaca-se a variação percentual ($\Delta\%$), com uma sensível queda na temperatura em M1 ($p > 0,05$), comparada ao M0 nos grupos musculares quadríceps, tibiais e isquiostibiais, e logo em seguida em M2, uma sensível elevação ($p > 0,05$) na temperatura dos mesmos grupos musculares. Esse comportamento parece corroborar a revisão detalhada feita por Marins *et al.* [18] sobre a aplicação da termografia no esporte, e com os achados de Tanda [5], que analisou corredores de meio fundo em dois tipos de teste na esteira, com carga gradual e carga constante. Notou que em ambas situações a temperatura da pele apresentou uma leve diminuição nos primeiros minutos de exercício, e logo em seguida uma sensível elevação. Conclui-se que a queda da temperatura nos primeiros minutos tem relação com a vasoconstrição cutânea provocada pelo esforço, e o subsequente aumento, com a vasodilatação causada pelo processo de termorregulação. Estes resultados são semelhantes aos encontrados no presente estudo. Korman *et al.* [6] analisaram velocistas de elite antes, durante e após uma sessão de treinamento de resistência de velocidade, e também encontraram resultados similares, observando um declínio da temperatura da pele de membros inferiores nos momentos iniciais da sessão, seguidas por uma estabilização e sensível elevação nos minutos seguintes.

Outro destaque neste contexto volta-se para a temperatura dos grupos musculares dos duatletas em repouso. Outros achados da literatura [6,18,19] apresentam escores menos elevados ao confrontar com os dados aqui apontados. Segundo Marins *et al.* [20], os valores de referência para homens ativos em repouso apontam para: 29,7°C para quadríceps, 30,2°C para tibiais, 30,2°C para isquiotibiais e 29,9°C para panturrilhas, o que coloca os valores apresentados, no presente trabalho, acima do esperado em todos os grupos musculares, sugerindo que os atletas já iniciaram a prova com uma alteração fisiológica instalada. Sillero-Quintana *et al.* [10], que avaliaram mais de 200 atletas, apresentam que temperaturas iguais ou maiores que 31,9°C em repouso indicam presença de um processo inflamatório e/ou possível lesão. Cabe aqui destacar, que das quatro ROI analisadas nesta amostra, três estavam próximas ou acima desse valor (tibiais = 31,6°C; isquiotibiais = 32,0°C; panturrilhas = 32,1°C).

Ao observar as informações quanto ao treinamento executado, nota-se um elevado volume em relação à distância da prova. Ao tratar-se de corrida, Bourdon *et al.* [21] e Rios *et al.* [22] afirmam que volumes altos de treinamento estão diretamente associados a inflamações ou lesões.

Quanto à assimetria entre membros dominante e não-dominante, apenas uma situação foi encontrada, nos tibiais em repouso (M0), em que o membro dominante apresentou temperatura mais elevada (0,5°C), o que alerta para um acompanhamento mais refinado, pois essa assimetria já pode ser um indicador de lesão ou sobrecarga [18]. Nas outras três ROI, nenhuma assimetria foi encontrada em nenhum dos três momentos avaliados, sendo uma condição considerada normal de acordo com Marins *et al.* [18] e Corte *et al.* [9], que apontam assimetrias menores que 0,4°C como não sendo clinicamente importantes. Outros estudos que analisaram a assimetria térmica entre membros dominante e não dominante em modalidades como futebol profissional [9,19,], futebol sub13 e sub15 [16], futebol feminino [23], futsal [7], vôlei [13] e handebol [8], também observaram assimetrias menores que 0,4°C considerando, assim, quadros clinicamente normais para seus respectivos atletas.

A falta de monitoramento de alguns fatores que podem influenciar nas mudanças da temperatura da pele, como as condições climáticas e o número da amostra, podem ser considerados como limitações deste estudo.

Conclusão

Conclui-se que a realização da prova de *duathlon sprint* ocasionou queda da temperatura imediatamente após a prova, com exceção das panturrilhas, seguida por uma elevação na temperatura da pele das ROI analisadas, além de não provocar assimetrias entre membros dominante e não dominante. Considera-se, assim, que a termografia pode auxiliar na análise do estado de duatletas, da assimetria térmica entre membros, além do desgaste muscular provocado pela prova. Ainda são necessários mais estudos sobre a utilização da termografia nas competições para auxiliar no planejamento e organização das cargas durante todo processo de treinamento.

Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

Fontes de financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenadoria de Esporte e Lazer da Prefeitura Municipal de São Pedro/SP.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Tuono AT, Borin JP; **Obtenção, análise estatística e/ou interpretação dos dados:** Tuono AT, Pinheiro AM, Padovani CR, Borin JP; **Redação do manuscrito:** Tuono AT, Pinheiro AM; **Revisão crítica do manuscrito:** Tuono AT, Pinheiro AM, Vieira NA, Rezende T, Borin SH, Hartz CS, Padovani CR, Borin JP.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Espaço da Escrita, da Pró-Reitoria de Pesquisa, da UNICAMP pelos serviços de idiomas. Obrigado aos atletas e à administração municipal de São Pedro, São Paulo, Brasil.

Referências

- Ronconi M, Alvero-Cruz JR. Respuesta de la frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno de atletas varones em competiciones de duatlón *sprint*. *Apunts Med Esport* 2011;46(172):183-8. doi: 10.1016/j.apunts.2011.02.008
- Confederação Brasileira de Triathlon. Site CBTri. [cited 2020 Jan 2]. <http://www.cbtri.org.br>. Atualizado em 2020
- Hottenrott K. ed. El entrenamiento del Duatlón. Badalona, Espanha: Paidotribo; 2017.
- International Triathlon Union. Site ITU. [cited 2020 Jan 2]. <https://www.triathlon.org/>
- Tanda G. The use of infrared thermography to detect the skin temperature response to physical activity. *J Phys Conf Ser* 2015;655(1):1-10. doi: 10.1088/1742-6596/655/1/012062
- Korman P, Straburzynska-Lupa A, Kusy K, Kantanista A, Zielinski J. Changes in body surface temperature during speed endurance work-out in highly-trained male *sprinters*. *Infrared Phys Tech* 2016;78:209-13. doi: 10.1016/j.infrared.2016.08.003
- Santos RMC, Souza ES, Silva SJ, Arruda JRL, Santa Cruz RAR. Análise termográfica dos esforços no futsal. *Coleç Pesqui Educ Fís* [Internet]. 2017 [cited 2021 Jun 26];16(1):15-22. Available from: https://www.fontouraeditora.com.br/periodico/upload/artigo/1296_1505737539.pdf
- Santa Cruz RAR, Araújo VA, Sousa PAC, Arruda JRL. Perfil termográfico de atletas de handebol após um jogo oficial. *Rev Movimenta* [Internet]. 2018 [cited 2021 Jun 21];11(1):12-9. Available from: <https://www.revista.ueg.br/index.php/movimenta/article/view/6429>
- Corte ACR, Pedrinelli A, Marttos A, Souza IFG, Grava J, Hernandez AJ. Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: pilot study. *BMJ Open* 2019;5:1-5. doi: 10.1136/bmjsem-2018-000431
- Sillero-Quintana M, Fernández-Jaén T, Fernández-Cuevas I, et al. Infrared thermography as a support tool for screening and early diagnosis in emergencies. *J Med* 2015;5(6):1223-8. doi: 10.1166/jmhi.2015.1511
- Corte ACR, Hernandez AJ. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. *Rev Bras Med Esporte* 2016;22(4):315-9. doi: 10.1590/1517-869220162204160783
- Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng* 2009;38:158-163. doi: 10.1007/s10439-009-9809-8
- Morais NA, Araújo VA, Carvalho LS, Sousa PAC, Santa Cruz RAR. Respostas termográficas dos esforços em atletas de voleibol. *Corpoconsciência* [Internet]. 2017 [cited 2021 Jun 20];21(2):8-14. Available from: <http://cev.org.br/biblioteca/respostas-termograficas-dos-esforcos-em-atletas-de-voleibol/>
- Balci GA, Basaran T, Colakoglu M. Analysing visual pattern of skin temperature during submaximal and maximal exercises. *Infrared Phys Tech* 2016;74:57-62. doi: 10.1016/j.infrared.2015.12.002
- Silva AG, Albuquerque MR, Brito CJ, Oliveira SAF, Stroppa GM, Sillero-Quintana M, Marins JCB. Resposta térmica da pele ao exercício em remoergômetro de alta versus moderada intensidade em homens

fisicamente ativos. Rev Port Ciênc Desporto 2017;17:125-37. doi: 10.5628/rpcd.17.s4a.125

16. Cogo WT, Nogueira PHR, Silva AG, Marins JCB. Perfil térmico de membros inferiores de jogadores de futebol de categoria de base. Revista Brasileira de Futebol [Internet]. 2017 [cited 2021 Jun 20];10(2):4-24. Available from: <http://cev.org.br/biblioteca/perfil-termografico-dos-membros-inferiores-jogadores-futebol/>

17. Pinto TWS, Guimarães ASP, Barreto TC, Santa Cruz RAR. Alterações termográficas na musculatura abdominal após exercício estático e dinâmico em jovens ativas. Rev Perspectiva [Internet]. 2018 [cited 2021 Jun 20];3(1):11-19. Available from: <http://sys.facos.edu.br/ojs/index.php/perspectiva/article/viewFile/189/186>

18. Marins JCB, Fernandez-Cuevas I, Arnaiz-Lastras J, Fernandes AA, Sillero-Quintana M. Applications of infrared thermography in sports: a review. Rev Int Med Cienc Act Fís [Internet]. 2015 [cited 2021 Jun 21];15(60):805-24. Available from: <http://www.termografia.ufv.br/wp-content/uploads/Marins-2015-Applications-of-Infrared-Thermography-in-Sports.-A-Review.pdf>

19. Marins JCB, Fernandes AA, Moreira DG, Silva FS, Costa CMA, Pimenta E. Thermographic profile of soccer players' lower limb. Rev Andal Med Deport 2014;7(1):1-6. doi: 10.1016/S1888-7546(14)70053-X. (b)

20. Marins JCB, Moreira DG, Cano SP, Quintana MS, Soares DD, Fernandes AA, *et al.* Time required to stabilize thermographic images at rest. Infrared Phys Tech 2014;65:30-5. doi: 10.1016/j.infrared.2014.02.008. (a)

21. Bourdon PC, Cardinal M, Murray A, Gustin P, Kellman M, Varley MC, *et al.* Monitoring athlete training loads: consensus statement. Int J Sport Physiol 2017;12(2):161-70. doi: 10.1123/IJSP.2017-0208

22. Rios ET, Rodrigues FC, Rocha LF, Salemi VMC, Miranda DP. Influência do volume semanal e do treinamento resistido sobre a incidência de lesão em corredores de rua. Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício [Internet] 2017 [cited 2021 Jun 21];11(64):104-9. Available from: <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/1086/889>

23. Stroppa GM, Silva AG, Moreira DG, Cerqueira MS, Fernandes AA, Bouzas JCM. Análise da temperatura da pele em joelhos de jogadoras de futebol profissional. Revista Brasileira de Futebol [Internet] 2017[cited 2021 Jun 21];8(2):36-42. Available from: <https://rbf.ufv.br/index.php/RBFutebol/article/view/225>