

MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

CURSO DE INSTRUTOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA

ALUNO Ricardo **Conte** Gaspar de Carvalho, 2º Ten (FN)

ORIENTADOR: **André** Justino de **Carvalho**, TC

TERMOGRAFIA NO TIRO ESPORTIVO: ANÁLISE DA TEMPERATURA DA PELE EM ATLETAS DE ALTO RENDIMENTO

Rio de Janeiro - RJ

2023

ALUNO: Ricardo **Conte** Gaspar de Carvalho – 2º Tenente (FN)

TERMOGRAFIA NO TIRO ESPORTIVO: ANÁLISE DA TEMPERATURA DA
PELE EM ATLETAS DE ALTO RENDIMENTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado como
requisito para a conclusão da graduação em Educação
Física na Escola de Educação física do Exército.

ORIENTADOR: André Justino de Carvalho - TC

MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

ALUNO: Ricardo Conte Gaspar de Carvalho – 2º Ten (FN)

TERMOGRAFIA NO TIRO ESPORTIVO: ANÁLISE DA TEMPERATURA DA
PELE EM ATLETAS DE ALTO RENDIMENTO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aprovado em 21 de NOVEMBRO de 2023

Banca de Avaliação

Documento assinado digitalmente



ANDRE JUSTINO DE CARVALHO

Data: 08/12/2023 07:52:02-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

TC André Justino de Carvalho - EsEFEx

Avaliador

Prof. Drª. Danielli Braga de Mello - EsEFEx

Avaliador

Prof. Drª. Adriane Mara de Souza Muniz - EsEFEx

Avaliador

RESUMO

INTRODUÇÃO: O aumento constante da demanda pelo tiro esportivo tem destacado a necessidade de compreender a ativação muscular sob uma perspectiva biomecânica e neuromuscular, visando aprimorar o desempenho dos atletas. Nesse contexto, a Termografia Infravermelha (TIV) emergiu como uma ferramenta promissora para analisar variações térmicas em atletas de alto rendimento durante competições de tiro esportivo, proporcionando informações valiosas sobre a ação muscular. **OBJETIVO:** O presente estudo tem como objetivo investigar a ativação muscular durante a prática do tiro esportivo na modalidade pistola, com o propósito de identificar os principais grupos musculares envolvidos na execução de uma prova, utilizando a Termografia Infravermelha como técnica de análise. **MÉTODOS:** Esta pesquisa adota uma abordagem quase-experimental com uma metodologia quantitativa, empregando a TIV para avaliar a temperatura da pele dos membros superiores e tronco de atletas de alto desempenho das Forças Armadas. A amostra compreende 5 atiradores do sexo masculino e 6 do sexo feminino. As medições foram realizadas em dois momentos: antes e depois da prova. **RESULTADOS:** Foi observada uma alteração estatisticamente significativa ($p < 0,05$) na maioria das regiões estudadas. Ressaltou-se de forma mais relevante ($\Delta > 1,00^\circ\text{C}$) as regiões do deltoide direito posterior e anterior ($\Delta T = 1,44^\circ\text{C}$ e $\Delta T = 1,00^\circ\text{C}$), antebraço direito interno e externo ($\Delta T = 1,37^\circ\text{C}$ e $\Delta T = 1,19^\circ\text{C}$) e trapézio esquerdo ($\Delta T = 1,11^\circ\text{C}$). **CONCLUSÃO:** A análise da assimetria muscular observada indica a natureza unilateral da modalidade de tiro esportivo. Esses resultados ressaltam a complexidade da biomecânica envolvida no esporte e realçam a importância de implementar estratégias de treinamento específicas para o fortalecimento e condicionamento dessas regiões musculares. Este estudo oferece implicações práticas valiosas para treinadores, atletas e profissionais da área, fornecendo dados concretos para a otimização de programas de treinamento.

Palavras chave: tiro esportivo, ativação muscular, termografia infravermelha, treinamento esportivo.

ABSTRACT

INTRODUCTION: The ongoing surge in demand for sports shooting has underscored the need to comprehend muscle activation from a biomechanical and neuromuscular perspective, aiming to enhance athletes' performance. In this context, Infrared Thermography (IRT) has emerged as a promising tool for analyzing thermal variations in high-performance athletes during sports shooting competitions, providing valuable insights into muscular actions. **OBJECTIVE:** This study aims to investigate muscle activation during pistol shooting, with the purpose of identifying the primary muscle groups involved in competition, utilizing Infrared Thermography as the analytical technique. **METHODS:** This research employs an almost-experimental approach with a quantitative methodology, using IRT to assess the skin temperature of the upper limbs and trunk in high-performance athletes from the Armed Forces. The sample comprises 5 male and 6 female shooters. Measurements were taken at two time points: before and after the competition. **RESULTS:** Statistically significant alterations ($p < 0.05$) were observed in most of the studied regions. Particularly noteworthy ($\Delta > 1.00^\circ\text{C}$) were the changes observed in the right posterior and anterior deltoid regions ($\Delta T = 1.44^\circ\text{C}$ and $\Delta T = 1.00^\circ\text{C}$), the internal and external right forearm ($\Delta T = 1.37^\circ\text{C}$ and $\Delta T = 1.19^\circ\text{C}$), and the left trapezius ($\Delta T = 1.11^\circ\text{C}$). **CONCLUSION:** The analysis of observed muscular asymmetry highlights the unilateral nature of sports shooting. These findings underscore the complexity of the biomechanics involved in the sport and emphasize the importance of implementing specific training strategies for strengthening and conditioning these muscular regions. This study offers valuable practical implications for coaches, athletes, and professionals in the field, providing concrete data for optimizing training programs.

Keywords: sports shooting, muscle activation, infrared thermography, sports training.

INTRODUÇÃO

O tiro esportivo surgiu na Europa no século XIX, resultante da combinação da tradição de caça com o avanço tecnológico das armas de fogo (1). Essa modalidade tornou-se olímpica em 1896, durante os Jogos de Atenas, e em 1920, nos Jogos Olímpicos de Antuérpia, o Brasil conquistou sua primeira medalha olímpica na modalidade pistola livre (1).

Ao longo do tempo, o tiro esportivo teve um crescimento modesto no Brasil, devido a estereótipos que o associavam à caça ilegal e à violência, além dos altos custos de equipamentos e das burocracias para aquisição de armas de fogo (2). No entanto, mudanças legislativas e políticas recentes contribuíram para desburocratizar o funcionamento dos clubes de tiro, resultando em um aumento significativo de praticantes dessa modalidade esportiva, especialmente fora do âmbito militar (3).

Com a maior demanda por treinamento de tiro e a busca por melhores desempenhos dos atletas, torna-se essencial para os profissionais de educação física identificar, por meio de uma abordagem biomecânica, os principais músculos responsáveis pelo controle das ações musculares nas provas de tiro. Isso possibilita a prescrição de treinamentos adequados e eficazes para a melhoria do desempenho (4).

Sob o ponto de vista neuromuscular, o tiro esportivo envolve principalmente contrações musculares isométricas, em que uma carga (a arma) é suportada de forma estável por longos períodos. Embora as cargas suportadas não sejam elevadas, o número de repetições e o tempo que devem ser mantidas durante os treinamentos técnicos e as competições apresentam limitações significativas para o desempenho nessa modalidade (4).

Uma das dificuldades encontradas na preparação física dos atiradores está relacionada ao desenvolvimento muscular específico para modalidade, devido à contração isométrica durante o tiro (4).

Nesse sentido, do ponto de vista fisiológico, as contrações musculares isométricas e isotônicas causam aumento da temperatura corporal (5). Esse aumento é contrarregulado pela ação das glândulas sudoríparas, que promovem a transpiração e a evaporação para resfriar a superfície corporal, além da vasodilatação local, que favorece a transferência de calor para a pele e o ambiente externo por meio da emissão de ondas de calor eletromagnéticas (6).

Nesse contexto, a Termografia Infravermelha (TIV) surge como uma ferramenta científica para investigar as mudanças relacionadas à temperatura corporal e ao fluxo sanguíneo decorrentes da

vasodilatação periférica. Essa tecnologia permite detectar a radiação emitida pelo corpo e visualizar as alterações na temperatura corporal, proporcionando informações sobre o sistema complexo de termorregulação do corpo humano (7). Embora a TIV não seja capaz de mostrar anormalidades anatômicas, ela tem a capacidade de revelar alterações fisiológicas (8).

Para monitorar as variações de temperatura corporal, a TIV produz imagens térmicas de alta resolução que fornecem informações sobre o sistema de termorregulação do corpo humano (9). A principal vantagem dessa abordagem é a coleta de dados de forma não invasiva, à distância e sem interferir na termorregulação corporal devido à proximidade com o atleta (10).

Considerando a importância de compreender a ativação muscular no tiro esportivo, juntamente com a escassez de literatura sobre o tema, este estudo tem como finalidade fornecer informações adicionais e valiosas para auxiliar na prescrição de treinamentos e no aprimoramento do desempenho dos atletas.

Assim, o objetivo deste estudo foi comparar a temperatura da pele de membros superiores e tronco de atletas de alto rendimento das Forças Armadas em dois momentos distintos em uma prova de tiro esportivo na modalidade pistola.

MÉTODOS

Delineamento do estudo

Este é um estudo de caráter quase-experimental, por meio do método de abordagem quantitativo para comparar a temperatura da pele dos membros superiores e tronco durante uma prova de tiro esportivo na modalidade pistola por meio da análise entre as imagens geradas pela TIV antes e após a prática esportiva.

Amostra

A amostra foi composta 11 atletas de alto rendimento das Forças Armadas, 5 do sexo masculino e 6 do sexo feminino, voluntários ao estudo.

Foram incluídos atiradores da Marinha, do Exército e da Aeronáutica que foram voluntários a participar do estudo e que participaram da Seletiva para o Campeonato Mundial Militar de Tiro Esportivo, modalidade pistola 25 metros (mulheres) e prova de fogo central (homens).

Foram excluídos os que apresentaram lesões musculoesqueléticas nos seis meses anteriores a coleta, os que não compareceram e os que não assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Para o tamanho da amostra, foi utilizado a estimativa pela “regra de bolso”, que utiliza o tamanho da amostra dos artigos que fundamentaram a base da pesquisa como modelo para obtenção do n amostral (11).

Ética em pesquisa

A Resolução 466/12, do Conselho Nacional de Saúde de 12/12/2012, que aborda sobre Normas para a Realização de Pesquisa em Seres Humanos foi atendida. Este projeto de pesquisa foi submetido ao conselho do Comitê de Ética e Pesquisa do Centro de Capacitação Física do Exército (CEP-CCFEX) por meio da Plataforma Brasil, sob o número CAAE 73410323.5.0000.9433.

Os voluntários receberam instruções por escrito acerca do protocolo de avaliação ao qual foram submetidos dos possíveis riscos e benefícios da pesquisa, devidamente descritos no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE - “APÊNDICE 1”)

Instrumentos e procedimentos

O estudo foi desenvolvido nas instalações desportivas do Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx), na cidade do Rio de Janeiro - RJ, e a coleta de dados ocorreu em dois momentos distintos no Centro Militar de Tiro Esportivo (CMTE): momento 1(M1) antes da prova de tiro

esportivo na modalidade pistola e no momento 2 (M2) imediatamente após prova de tiro esportivo na modalidade pistola.

No início da competição foram identificados os atletas voluntários, foi aplicado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e explicada as orientações precedentes da avaliação corporal pela TIV.

Para a medição da temperatura da pele, as seguintes orientações foram seguidas: não se barbear ou depilar-se no dia da avaliação, não utilizar maquiagem, talco, loções, bloqueadores solares e desodorantes, não realizar tratamentos com eletroterapia, crioterapia e termoterapia no dia da avaliação, não realizar exercício físico 4 horas antes da avaliação e jejum de uma hora. Os voluntários estavam de sunga ou biquini para a realização da coleta de imagens (M1 e M2).

a) Avaliação da temperatura da pele

A coleta de imagens termográficas infravermelhas das temperaturas da pele do grupo amostral foi realizada utilizando uma câmera infravermelha modelo FLIR E76®. As imagens foram adquiridas a uma distância de 0,70 a 1,20 metros, visando obter um detalhamento adequado das regiões de interesse (ROIs).

Foram selecionadas 21 ROIs nos membros superiores e tronco, sendo 11 localizadas na parte anterior do corpo (pescoço, peitoral, abdômen, intercostais, trapézio, ombro, bíceps, cotovelo, antebraço porção interna e externa, e punho) e mais 10 na parte posterior (cervical, dorsal, lombar, trapézio, ombro, tríceps, cotovelo, antebraço porção interior e exterior, e punho), lado direito (D) e esquerdo (E).

A fase de coleta de dados teve início com a chegada dos atletas ao local designado, seguida pela imediata troca de roupa, utilizando apenas sunga e biquini. Os atletas foram posicionados em pé, durante um período de 15 minutos, em uma temperatura neutra (18 a 24 °C), para aclimação. Em seguida, realizou-se a medição da temperatura da pele. Para essa medição, foram capturadas fotografias dos voluntários nas posições anatômicas anterior e posterior. As coletas foram realizadas em dois momentos: M1 (pré-prova com 15 minutos de aclimação) e M2 (pós-prova imediatamente após a prova de tiro esportivo na modalidade pistola). O controle da umidade relativa do ar e temperatura ambiente será realizada por meio do termo-higrômetro digital da marca Minipa, modelo MT-240.

As imagens infravermelhas foram analisadas pelo *software ThermoHuman®*.

b) Prova de tiro esportivo na modalidade pistola

A prova ocorreu em duas fases, precisão e rápida. Na fase de precisão, cada atirador realizou 30 disparos, divididos em seis séries de 05 tiros em 05 minutos. Na fase rápida, os atletas realizaram 30 disparos em seis séries de 05 tiros, sendo um disparo a cada abertura do alvo que fica exposto por 03 segundos.

Análise estatística

A normalidade dos dados foi analisada pelo teste de *Shapiro-Wilk*. Foram empregadas técnicas de estatística descritiva, utilizando medidas de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão). Foi empregado um teste T de *Student* para amostras pareadas para análise pré e pós prova. O nível de significância adotado foi $p < 0,05$, e foi utilizado o software *Jeffreys's Amazing Statistics Program* (JASP versão 0.18.1) para execução dos testes estatísticos.

RESULTADOS

A coleta foi realizada no dia 28 de junho de 2023, e contou com a amostra composta por atletas de alto rendimento que participaram da Seletiva para o Campeonato Mundial Militar, sendo 6 mulheres e 5 homens, com idade média de 36,54 e desvio padrão de 10,01. Verificou-se que os grupos masculino e feminino são homogêneos.

Abaixo serão apresentados os dados das condições ambientais no dia da prova.

TABELA 1: Condições ambientais

	Pré prova	Pós prova	Valor máximo	Valor mínimo
Umidade (%)	51,62 ± 1,45	50,85 ± 1,68	54,00	49,00
Temperatura (°C)	20,37 ± 0,55	20,30 ± 1,20	21,70	19,00

Legenda: % (percentual), °C (graus Celsius), ± (desvio padrão).

Observou-se que a temperatura se manteve termoneutra e com pouca variação durante a coleta de dados devido a climatização do local necessária para atender aos critérios de avaliação da TIV. A umidade se manteve dentro dos valores de normalidade.

As diferenças termográficas ($\Delta T = M2 - M1$) das ROIs entre os momentos da coleta podem ser identificadas na tabela a seguir.

TABELA 2: Resposta termográfica na prova de tiro esportivo na modalidade pistola

	T pré (°C) D	T pós (°C) D	T pré E	T pós E	ΔT (°C) D	ΔT (°C) E	p-valor D	p-valor E
Vista anterior								
Trapézio	32,80 ± 0,77	33,14 ± 0,78	32,55 ± 0,84	32,97 ± 0,82	0,34	0,42	0,008*	0,010*
Pescoço	32,54 ± 0,97	32,91 ± 1,05	32,48 ± 1,13	32,95 ± 0,98	0,37	0,47	0,086	0,074
Deltoide	31,56 ± 0,88	32,56 ± 1,02	31,24 ± 0,98	32,02 ± 1,05	1,00	0,78	<0,001*	0,012*
Peitoral Maior	30,46 ± 1,33	31,16 ± 1,58	30,46 ± 1,30	31,16 ± 1,45	0,70	0,70	0,003*	0,002*
Bíceps	30,32 ± 0,86	31,20 ± 1,14	30,33 ± 0,91	30,83 ± 1,18	0,88	0,50	<0,001*	0,025*
Intercostais	31,19 ± 1,17	31,26 ± 1,53	30,99 ± 1,29	31,01 ± 1,87	0,07	0,02	0,835	0,975
Flexores de Cotovelo	30,53 ± 1,08	31,37 ± 1,28	30,31 ± 0,87	30,81 ± 1,18	0,84	0,50	<0,001*	0,048*
Abdômen	30,83 ± 1,24	31,60 ± 1,04	30,83 ± 1,13	31,60 ± 0,89	0,77	0,77	0,023*	0,018*
Antebraço externo	29,81 ± 0,91	30,78 ± 1,14	29,85 ± 0,76	30,22 ± 1,01	0,97	0,37	0,002*	0,024*
Antebraço interno	29,79 ± 1,11	30,89 ± 1,19	29,65 ± 0,84	30,37 ± 1,18	1,10	0,72	<0,001*	0,028*
Punho	28,16 ± 1,20	29,10 ± 1,08	27,75 ± 1,71	28,71 ± 0,99	0,94	0,96	0,010*	0,041*
Vista posterior								
Cervical	31,57 ± 1,17	32,51 ± 1,13	31,47 ± 1,10	32,42 ± 1,06	0,94	0,95	0,005*	0,005*
Trapézio	31,42 ± 0,97	32,26 ± 1,30	31,08 ± 2,00	32,19 ± 1,22	0,84	1,11	0,006*	0,024*
Deltoide	30,03 ± 0,98	31,47 ± 1,29	30,13 ± 0,96	30,98 ± 1,37	1,44	0,85	<0,001*	0,023*
Tríceps	28,32 ± 0,88	29,16 ± 1,25	28,22 ± 0,94	28,60 ± 1,22	0,56	0,38	0,006*	0,140
Dorsal	30,22 ± 0,91	30,64 ± 1,26	30,26 ± 0,94	30,81 ± 1,10	0,42	0,55	0,163	0,110
Cotovelo	28,71 ± 0,40	30,20 ± 0,93	28,21 ± 0,67	28,58 ± 0,74	0,49	0,37	<0,001*	0,159
Lombar	31,25 ± 0,67	31,85 ± 0,80	31,32 ± 0,73	31,97 ± 0,95	0,60	0,65	0,046*	0,047*
Antebraço externo	29,56 ± 0,89	30,75 ± 1,51	28,95 ± 0,76	29,78 ± 1,08	1,19	0,83	<0,001*	<0,001*
Antebraço interno	29,22 ± 0,75	30,59 ± 1,14	28,80 ± 0,53	29,62 ± 0,77	1,37	0,82	<0,001*	<0,001*
Punho	28,25 ± 1,11	29,47 ± 0,97	27,57 ± 1,26	28,79 ± 0,97	1,22	1,22	0,006*	0,012*

Legenda: T (temperatura); * ($p < 0,05$); D (lado direito); E (lado esquerdo); Δ (variação); °C (graus Celsius); Cor vermelha ($\Delta T > 1^\circ\text{C}$); Cor amarela ($0,6 < \Delta T < 1,0^\circ\text{C}$).

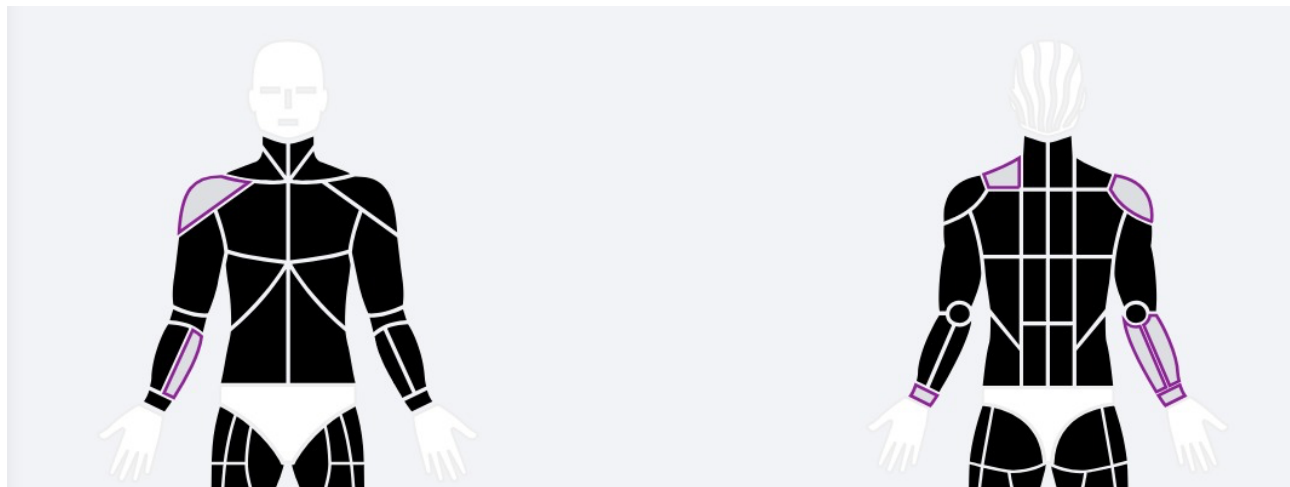
As ROIs da vista anterior: trapézio, deltoide, peitoral maior, bíceps, flexores de cotovelo, abdômen, antebraço externo e interno, e punho; região posterior: cervical, trapézio, deltoide, lombar, antebraço interno e externo, e punho) foram aqueles que apresentaram um aumento significativo ($p < 0,05$).

No entanto, destacam-se de cor amarela as ROIs onde a diferença de temperatura apresentou variação entre $0,6^\circ\text{C}$ e $1,0^\circ\text{C}$, e os de cor vermelha, as ROIs onde a diferença foi maior ou igual a $1,0^\circ\text{C}$.

As zonas amarelas são classificadas como zonas de atenção e devem ser aplicadas medidas de prevenção a lesões, já as vermelhas, classificam-se como regiões de alarme devido ao quadro de pré-lesão (12).

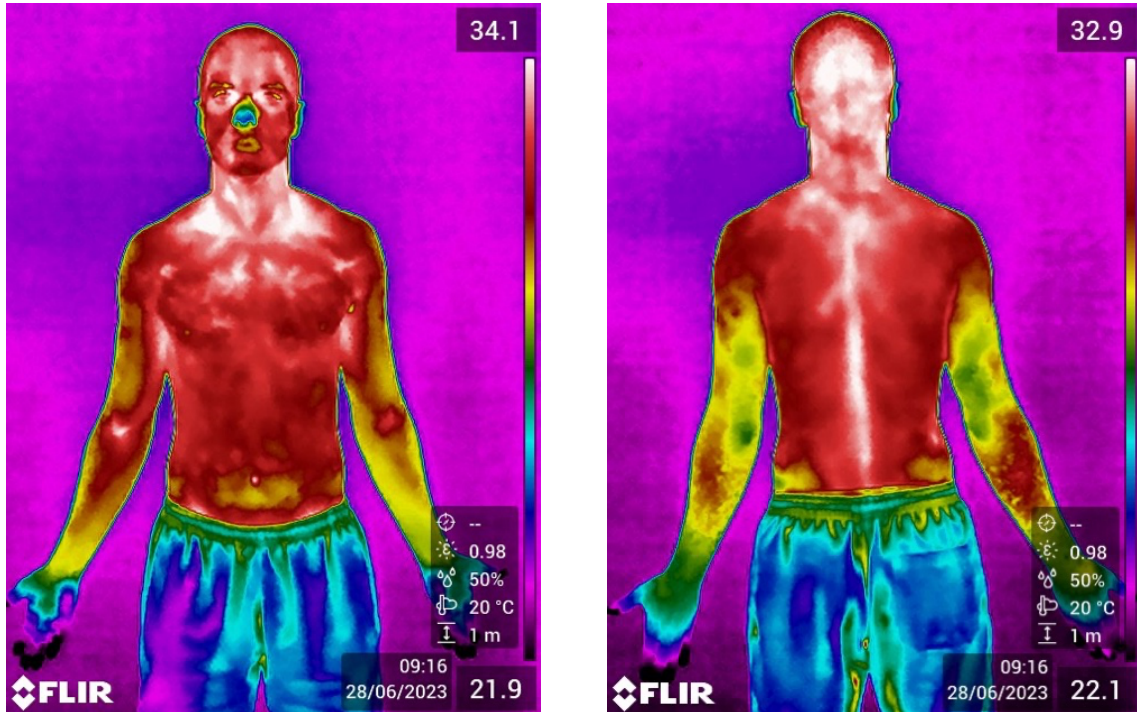
A figura 1 apresenta um avatar demonstrativo das ROIs que se mostraram mais ativadas ($\Delta > 1^\circ\text{C}$) e a figura 2 apresenta duas imagens utilizando a câmera de TIV a fim de exemplificarem o protocolo de avaliação utilizada.

Figura 1 – avatar que ilustra a visão anterior e posterior das regiões mais significativas ($\Delta > 1^\circ\text{C}$).



Fonte: *ThermoHuman*®

Figura 2 – fotografia utilizada na pesquisa.



Fonte: FlirE76®

Portanto, a partir do resultado apresentado, desprende-se uma ordem de classificação de exigência muscular.

TABELA 3 – Classificação por ordem de decrescente de ΔT .

Ordem	Região	Lado	$\Delta T(^{\circ}C)$
1°	Deltoide posterior	D	1,44
2°	Conjunto dos flexores do carpo e dedos	D	1,37
3°	Conjunto dos extensores do carpo e dedos	D	1,19
4°	Trapézio superior posterior	E	1,11
5°	Deltoide anterior	D	1,00

Legenda: D (direito); E(esquerdo); ΔT (variação de temperatura entre os momentos 1 e 2); $^{\circ}C$ (graus Celsius).

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo identificar as regiões musculares dos membros superiores mais exigidas durante a execução de uma prova de tiro esportivo, observados por meio da Termografia Infravermelha. Foi analisada uma amostra de atletas de alto desempenho das Forças Armadas, destros, com idade $36,54 \pm 10,01$ anos.

As regiões que apresentaram variações entre $0,60^{\circ}\text{C}$ e $1,00^{\circ}\text{C}$ (em amarelo) traduzem uma situação de atenção quanto a lesões, as com variações maiores que $1,00^{\circ}\text{C}$ (em vermelho), apontam regiões de alarme devido ao quadro de pré-lesão (12).

Baseado nos resultados apresentados, observou-se que a temperatura da pele se comportou de maneira assimétrica em todas as regiões de interesse (ROI), exceto na região do punho (visão posterior). Esta assimetria ocorreu devido a todos os atletas serem destros e devido a característica unilateral da modalidade.

Por outro lado, a simetria apresentada na região da articulação do punho posterior direito e esquerdo ($\Delta=1,22^{\circ}\text{C}$) deve-se a realização de um aquecimento específico feito pelos atletas antes e após a prova, que inclui movimentos repetitivos de circundução interna e externa de ambos os punhos, com o objetivo de melhorar a circulação sanguínea e aumentar a amplitude de movimento, a qual fica reduzida pela posição tensa dos disparos (13).

A região de interesse que apresentou maior variação térmica foi o deltoide direito (visão posterior $\Delta=1,44^{\circ}\text{C}$ e visão anterior $\Delta=1,00^{\circ}\text{C}$), isto pode ser explicado devido a posição preponderante do tiro de pistola que envolve a estabilização do corpo na posição de abdução do ombro em 90° e extensão do cotovelo, assim, a contração isométrica desta musculatura gera um aumento da irrigação sanguínea que então, causa um aumento na temperatura da pele (14).

Outra região que se mostrou com variação térmica significativa foi o antebraço interno direito (visão anterior $\Delta= 1,10^{\circ}\text{C}$ e visão posterior $\Delta=1,37$). Esta região contempla o músculo flexor radial do carpo, flexor ulnar do carpo, palmar longo e flexores superficiais dos dedos. O primeiro é responsável pela flexão e abdução da mão, o segundo, flexão e adução da mão. Já o músculo palmar longo auxilia a fletir a mão e tensionar a aponeurose palmar, enquanto os flexores superficiais dos dedos têm a função de fletir as falanges proximais e metacarpofalangeana. (15)

A ativação desta musculatura é decorrente da ação de empunhadura da pistola e da estabilização da linha de visada, que faz com que todos os dedos fiquem semiflexionados e tensionados, para que o atirador consiga entrar na posição e se manter nela com o mínimo de variação possível.

O cuidado na tomada de posição deve ser suficientemente bom a fim de minimizar os efeitos deletérios da transferência da instabilidade postural para a arma. A habilidade de manter a estabilidade do cano do armamento é considerada como um dos mais importantes determinantes do desempenho no tiro (16).

A ROI do antebraço externo direito também se destacou na visão posterior ($\Delta=1,19^{\circ}\text{C}$). Esta região representa os músculos extensor radial longo do carpo, extensor radial curto do carpo e extensor dos dedos e supinador, responsáveis respectivamente pela extensão das articulações inter e metacarpofalangeanas, extensão das articulações metacarpofalangeanas e carpometacarpal e supinação. Estes extensores são responsáveis pela estabilização da mão e por manter o tônus palmar, favorecendo um bom quadro de pontaria (15).

Quanto a região do trapézio posterior esquerdo ($\Delta=1,11^{\circ}\text{C}$), notou-se uma variação significativa de temperatura que fugiu da tendência de prevalência do lado forte dos atletas (direito). Esta ativação está intimamente relacionada com o equilíbrio postural do tronco, pois a partir do momento que o atirador levanta o braço lateralmente ocorre um deslocamento do centro de gravidade do atleta para o lado direito. Assim, com o objetivo de evitar o desequilíbrio do corpo no sentido do braço estendido, o trapézio esquerdo mantém-se em contração isométrica leve.

Por fim, como o estudo contou com uma amostra bem preparada fisicamente, outros fatores devem ser explorados em estudos futuros para melhor interpretar as variáveis científicas, como a composição corporal. O protocolo de coleta pode incluir uma visão lateral dos membros superiores para maior detalhamento da região do deltoide e outro protocolo específico para o antebraço, visto que este grupamento é composto de musculaturas em diversas camadas. Assim, pode-se extrair análises mais profundas das regiões importantes para a prática do tiro esportivo.

CONCLUSÃO

O presente estudo buscou aprofundar a compreensão da ativação muscular no tiro esportivo, explorando as variações de temperatura nas regiões musculares de atletas de alto rendimento das Forças Armadas durante uma prova de tiro esportivo na modalidade pistola, por meio da Termografia Infravermelha (TIV). Os resultados obtidos fornecem insights valiosos sobre as demandas fisiológicas específicas enfrentadas pelos atiradores, destacando áreas musculares cruciais para o desempenho nessa modalidade.

Ao analisar as variações térmicas em diferentes regiões do corpo, notou-se uma assimetria significativa, refletindo a natureza unilateral da modalidade e a predominância do lado direito, uma característica compartilhada por todos os atletas destros da amostra. O deltoide posterior direito, conjuntos de flexores e extensores do carpo e dedos, trapézio superior posterior esquerdo e deltoide anterior direito emergiram como as regiões mais ativadas, apresentando variações térmicas superiores a 1,0°C.

A interpretação desses resultados aponta para a complexidade da biomecânica envolvida no tiro esportivo, evidenciando a importância de estratégias de treinamento específicas para fortalecimento e condicionamento dessas regiões musculares. Além disso, as descobertas deste estudo contribuem não apenas para a compreensão científica da biomecânica no tiro esportivo, mas também têm implicações práticas para treinadores, atletas e profissionais da área, fornecendo dados tangíveis para otimização de programas de treinamento.

Embora os resultados apresentem contribuições significativas, é importante reconhecer algumas limitações deste estudo. A amostra, apesar de composta por atletas de alto rendimento, pode beneficiar-se de uma ampliação para contemplar variáveis adicionais, como composição corporal. Sugere-se, portanto, que futuras pesquisas explorem esses aspectos para uma compreensão mais abrangente.

Em conclusão, este estudo lança luz sobre a biomecânica singular do tiro esportivo e fornece um ponto de partida crucial para aprimoramentos no treinamento de atletas nesta modalidade. As informações geradas têm o potencial não apenas de beneficiar o desempenho esportivo, mas também de impulsionar o campo da pesquisa em ciências do esporte, destacando a relevância da Termografia Infravermelha como ferramenta valiosa na análise da ativação muscular em contextos esportivos específicos.

REFERÊNCIAS

1. Cartilha de Armamento e Tiro [Internet]. [acesso em: 30 de abril de 2023]. Disponível em: <https://www.gov.br/pf/pt-br/assuntos/armas/cartilha-de-armamento-e-tiro.pdf>.
2. CMV - Câmara Municipal Vitória da Conquista [Internet]. [acesso em: 20 de maio de 2023]. Disponível em: <https://camaravc.ba.gov.br/home/noticia/33374/camara-discute-tiro-esportivo-em-audiencia-publica>.
3. Revista InMagazine [Internet]. [acesso em: 20 de maio de 2023]. Disponível em: <https://inmagazine.ig.com.br/post/Especialista-em-tiro-esportivo-revela-aumento-do-numero-de-familias-em-clubes-de-tiro>.
4. Dias LA, Filho MVP. A eficácia de um treinamento isométrico, com cargas individualizadas, para a melhoria do desempenho no tiro-ao-alvo. *Revista de Educação Física*. 2006;135(75):45-51.
5. O'Connor FG, Casa DJ. Exertional heat illness in adolescents and adults: Epidemiology, thermoregulation, risk factors, and diagnosis. *Wolters Kluwer*. 2019; 5:1–25.
6. Birriel AJ, Birriel MEG, Reinbold PH. Efeitos e riscos decorrentes do uso de vestuário inadequado durante a prática de atividades físicas. *Revista Norte Científico*. 2006;1(1):59–74.
7. Melnizky P, Schartelmüller T, Ammer K. Prüfung der intra- und interindividuellen Verlässlichkeit der Auswertung von Infrarot-Thermogrammen. *Eur J Thermol*. 1997; 7:224-26.
8. Ring EF, Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine. *Physiol Meas*. 2012; 33:33-46.
9. Costa CMA, Sillero-Quintana M, Cano SP, Moreira DG, Brito CJ, Fernandes AA, et al. Daily oscillations of skin temperature in military personnel using thermography. *J R Army Med Corps*. 2016;162(5):335–42.
10. Quesada JIP, Martinez N, Cibrian R, Psikuta A, Annaheim S, Rossi RM, et al. Effect of perspiration on skin temperature measurements by infrared thermography and contact thermometry during aerobic cycling. *Infrared Phys Technol*. 2015; 72:68-76.

11. Heymsfield SB, Lohman TG, Wang J, et al. Human Body Composition. 2 ed. Champaign, Human Kinetics, 2005.
12. Côrte AC, Pedrinelli A, Marttos A, et al. Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: pilot study. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2019;5: e000431. DOI: 10.1136/bmjsem-2018-000431.
13. Bishop D. Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Med*. 2003;33(6):439-454. doi:10.2165/00007256-200333060-00005.
14. Alencar TYM, Matias KFS, et al. Princípios Fisiológicos do Aquecimento e Alongamento Muscular na Atividade Esportiva. *Rev Bras Med Esporte*. 2010; 16:230-232.
15. Graff, KMVD. Anatomia Humana. 6a ed. São Paulo: Manole; 2013. Capítulo 9, Sistema Muscular; p.271-73.
16. Konttinen N, Lyytinen H, Viitasalo J. Rifle-balancing in precision shooting: behavioral aspects and psychophysiological unplication. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 1998; 8:78–83.

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)



MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO
DIRETORIA DE PESQUISA E ESTUDOS DE PESSOAL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr. está sendo convidado como voluntário a participar da pesquisa “Análise da ação muscular em uma prova de tiro esportivo”. Nesta pesquisa pretende-se descobrir, através da Termografia Infravermelha, quais são os grupamentos musculares mais exigidos durante uma prova de tiro esportivo.

Objetivos: Analisar a resposta termográfica no corpo de atletas submetido a uma prova de tiro na modalidade pistola para a distinção das musculaturas mais exigidas e auxílio na prescrição de um treinamento físico eficiente.

Procedimentos da pesquisa: Você foi selecionado (a) por fazer parte da equipe de Pentatlo Militar do Exército Brasileiro. Sua participação não é obrigatória. A qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa, desistência ou retirada de consentimento não acarretará qualquer prejuízo.

A coleta será realizada no Centro Militar de Tiro Esportivo (CMTE) e ocorrerá em dois momentos. Os voluntários receberão explicações sobre todos os procedimentos e avaliações que farão parte desta pesquisa e preencherão este TCLE. A fase de coleta de dados terá início com a chegada dos atletas ao local designado, seguida pela imediata troca de roupa, utilizando apenas sunga e biquini. Os atletas serão posicionados em pé, durante um período de 15 minutos, em uma temperatura neutra (18 a 24 °C), para aclimação. Em seguida, será realizada a medição da temperatura da pele. Para essa medição, serão capturadas fotografias dos voluntários nas posições anatômicas anterior e posterior. As coletas serão realizadas em dois momentos: pré-prova (com 15 minutos de aclimação) e pós-prova (imediatamente após a prova de tiro esportivo na modalidade pistola). A prova que os atletas participarão será a Seletiva para o Campeonato Mundial Militar. **Desconforto e possíveis riscos associados à saúde:** Os riscos associados às avaliações podem incluir mínima dor e desconforto

devido a dor muscular de início tardia em função unicamente da realização da prova. Os métodos que serão utilizados não comprometerão a integridade física, nem causarão danos a saúde, sendo métodos conhecidos pela sua eficiência e utilizados internacionalmente para analisar funções fisiológicas relacionadas ao controle da temperatura da pele. Toda as coletas e intervenção seguirão as recomendações e normas de saúde.

Benefícios da pesquisa: Você e futuros participantes poderão se beneficiar com os resultados desse estudo. Os indivíduos desse estudo serão beneficiados diretamente com um feedback da avaliação dos resultados individuais, onde espera-se nortear de maneira correta os treinamentos, minimizando o risco de lesões e danos à saúde. Além disso, espera-se que o produto dessa pesquisa venha a contribuir com a tomada de decisões estratégicas, operacionais e administrativa do Exército Brasileiro e possa ser divulgado com finalidades acadêmicas e científicas.

Esclarecimentos e direitos: Para participar deste estudo o Sr. (a) não terá custo algum, nem receberá qualquer vantagem financeira, porém será indenizado e ressarcido diante de possíveis despesas e eventuais danos provocados pela pesquisa. Terá o esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

O Sr. (a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar do presente estudo.

Caso você concorde em participar desta pesquisa, assine ao final deste documento, que possui duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, do pesquisador responsável/ coordenadora da pesquisa. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida ao senhor (a). Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com a pesquisadora responsável por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos.

Seguem os telefones e o endereço institucional do pesquisador responsável e do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP, onde você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação nele, agora ou a qualquer momento.

Caso você tenha alguma reclamação ou queira denunciar qualquer abuso ou improbidade desta pesquisa, denuncie ao Comitê de Ética e Pesquisa do Centro de Capacitação Física do Exército (CEP-CCFEX), que é constituído por um colegiado interdisciplinar e independente, de relevância pública, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. Você pode fazê-lo pelo telefone, no número (21) 2586 2297, por e-mail

Rubrica

(cep@ccfex.eb.mil.br) ou ir ao local, localizado à Av. João Luiz Alves, s/nº, sala do CEP-CCFEX no prédio da EsEFEx, Urca. Os horários de funcionamento do CEP-CCFEX são: 2ª a 4ª feira, das 09h às 12h.

Consentimento Pós-Informação

Eu, _____, portador da carteira de identidade nº _____, fui informado (a) dos objetivos da pesquisa “Análise da ação muscular em uma prova de tiro esportivo” e por me considerar devidamente informado (a) e esclarecido (a) sobre o conteúdo deste termo e da pesquisa a ser desenvolvida, livremente expressei meu consentimento para inclusão, como sujeito da pesquisa.

_____/_____/_____
Assinatura do Participante Voluntário Data

_____/_____/_____
Assinatura do Pesquisador Responsável Data

Contatos dos pesquisadores responsáveis:

2T(FN) Ricardo Conte Gaspar de Carvalho, Av. João Luiz Alves, S/N – Urca – Rio de Janeiro, RJ, e-mail: ricardoconte97@gmail.com; telefone: 21 2586-2249.

TC André Justino de Carvalho, Av. João Luiz Alves, S/N – Urca – Rio de Janeiro, RJ, e-mail: andrecarvalho286@gmail.com; telefone 21 2586-2249.

Prof. Thiago Dias, Comissão de Desporto do Exército, Av. João Luiz Alves, S/N – Urca – Rio de Janeiro, RJ, e-mail: thiago_tds90@yahoo.com.br; telefone: 21 2586-2249.

Profa. Dra. Danielli Braga de Mello, Escola de Educação Física do Exército, Av. João Luiz Alves, S/N – Urca – Rio de Janeiro, RJ, e-mail: danielli.mello@gmail.com; telefone: 21 2586-2249.