

Termografia como uma ferramenta de monitorização no impacto do treino no futsal

VERSÃO FINAL APÓS DEFESA

Tiago Filipe Da Silva Rodrigues

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Ciências do Desporto-Treino Desportivo
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Bruno Filipe Rama Travassos

Co-orientador: Prof. Doutor Luis Carlos Carvalho Pires

julho de 2023

Declaração de Integridade

Eu, Tiago Filipe Da Silva Rodrigues, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição M11555 do 2º Ciclo em Ciências do Desporto da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referência de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 24 /07 /2023

(assinatura conforme Cartão de Cidadão ou preferencialmente
assinatura digital no documento original se naquele mesmo formato)

Agradecimentos

Um agradecimento a APOLLO, empresa do software da análise de termografia, pela disponibilidade e cedência do software de análise. À associação desportiva do Fundão, pela disponibilidade e partilha de dados que contribuíram para este trabalho. Ao Professor Doutor Bruno Travassos pela constante disponibilidade, capacidade de orientação e ensinamentos transmitidos na realização deste trabalho. Um agradecimento especial ao António Ferraz e Farzad Yousefian, pela disponibilidade e ensinamentos que contribuíram na realização deste trabalho assim como ao João Ribeiro. Ao Professor Doutor Luís Carlos Carvalho Pires pela cedência do material e incentivo na realização deste trabalho. Por fim, a todas as restantes pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

O futsal é composto por ações intensas e de elevada intensidade, que podem gerar danos musculares. Face a este tipo de exigências, têm surgido cada vez mais ferramentas que ajudam a monitorizar e a diagnosticar as cargas. A termografia, permite a medição da temperatura emitida pela pele, e permite obter padrões de variações térmicas corporais provocados por processos fisiológicos. Face ao exposto, este estudo teve como objetivo monitorar o impacto do treino no processo inflamatório dos membros inferiores, tendo por base a carga externa de cada sessão e a termografia infravermelha. A amostra foi composta por 11 jogadores de futsal ($23,45 \pm 4,3$ anos). Foram realizadas recolhas das variáveis *external load* e *external load high*, PSE, Dor e termografia durante 6 microciclos. Os resultados evidenciam que o dia em que se verificou maior valor médio de dor foi o MD+1, de PSE o MD-4, de Ext o MD-1, de ExtH o MD-1 e de Temp o MD-4, assim como revelaram correlação entre variável temperatura e a variável PSE, entre a PSE e a Dor, e a Dor com o Ext, ExtH. Os principais resultados revelaram correlações elevadas e positivas entre o Ext e ExtH durante todos os MD, ou seja, quanto maior a carga de treino, maior é a carga de alta intensidade. A Dor revelou uma correlação negativa com o PSE no MD-3, MD-2 e no acumulado para todos os microciclos. A Dor e a temperatura foram as variáveis que revelaram maior variação no decorrer dos microciclos.

Palavras-chave

Termografia;futsal;monitorização da treino;carga de treino,processos inflamatórios.

Abstract

Futsal is made of intense and high-intensity actions, that can generate muscle damage. Given these demands, more and more tools have emerged that help monitor and diagnose the loads. Thermography allows the measurement of the temperature emitted by the skin, and allows obtaining patterns of body thermal variations caused by physiological processes. In view of the above, this study aimed to monitor the impact of training on the inflammatory process of the lower limbs, based on the external load of each session and thermography. The sample was composed of 11 futsal players (23.45 ± 4.3 years). The variables external load and external load high, PSE, pain and thermography were collected during 6 microcycles. The results showed that the day with the highest mean pain value was MD+1, PSE MD-4, Ext MD-1, ExtH MD-1 and Temp MD-4, as well as revealed a correlation between temperature and PSE, PSE and pain, and pain with Ext, ExtH. The main results revealed high and positive correlations between Ext and ExtH during all MDs, in other words, the higher the training load, the higher the high intensity load. Pain revealed a negative correlation with PSE in MD-3, MD-2 and cumulative for all microcycles. Pain and temperature were the variables that showed the greatest variation over the course of the microcycles.

Keywords

Thermography; futsal; training monitoring; training load; inflammatory processes.

Índice

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Lista de Figuras	xii
Lista de Tabelas	xv
Lista de Acrónimos	xvii
Introdução	1
Metodologia	3
Amostra	3
Procedimentos	3
Tratamento estatístico	4
Resultados	5
Discussão	8
Conclusão	10
Implicações Práticas	10
Referências	11

Lista de Figuras

- Figura 1 – Termogramas anterior e posterior
- Figura 2 – Matriz correlação geral
- Figura 3 – Matriz correlação MD+1
- Figura 4 – Matriz correlação MD+2
- Figura 5 – Matriz correlação MD-4
- Figura 6 – Matriz correlação MD-3
- Figura 7 – Matriz correlação MD-2
- Figura 8 – Matriz correlação MD-1

Lista de Tabelas

Tabela 1– Estatísticas descritivas (Média e Desvio de padrão)

Tabela 2- Evolução das variáveis em cada microciclo

Lista de Acrónimos

°C	Graus Celcius
Ext	<i>External Load</i>
ExtH	<i>External Load High</i>
Kg	Quilograma
MD	<i>Match Day</i>
PSE	Percepção subjetiva de esforço
Temp	Percentagem de zona quente
TI	Termografia Infravermelha
TPG	Termopixelgrafia

Introdução

O futsal é um desporto coletivo, que se caracteriza por constantes relações de cooperação e oposição entre jogadores de duas equipas (Gréhaigne et al., 1999). Estes, são considerados sistemas complexos e dinâmicos, consequência das constantes interações entre todos os jogadores (Travassos, 2014), seja da mesma equipa ou da equipa adversária. Neste sentido, pode considerar-se que o resultado coletivo de uma equipa, não consiste apenas da junção das ações individuais, mas sim nas interações que definem para atingir os objetivos (Duarte et al., 2012). A performance individual de cada jogador é assim dependente das suas capacidades individuais, em função das interações que desenvolvem com companheiros e adversários tendo por base o contexto de jogo.

Como consequência, um dos principais fatores a considerar pelos treinadores diz respeito à capacidade de estruturar e potenciar a dinâmica da equipa, otimizando as interações entre jogadores (Davids et al., 2008). De forma objetiva, a interação entre os diferentes jogadores reflete-se ao nível do treino e do jogo através dos sucessivos deslocamentos em função do espaço e tempo disponíveis. Função do espaço de jogo restrito, estas interações ocorrem grande parte das vezes em espaços e tempos limitados, obrigando os jogadores a mudarem muitas vezes de direção e realizarem deslocamentos curtos, mas de elevada intensidade. A elevada intensidade e as pausas curtas impostas nos jogos, determinam as respostas fisiológicas dos atletas (Matzenbacher et al., 2014). No decorrer do jogo, as substituições são ilimitadas, assim, o mesmo jogador pode entrar e sair do jogo inúmeras vezes, deste modo, o jogo tem sempre uma intensidade elevada (Barbero-Alvarez et al., 2008).

Deste modo, poderemos considerar que um jogador de futsal deve ter uma boa capacidade física, associada a uma boa capacidade percetiva e decisional que lhe permita explorar um maior número de possibilidades de ação e tomar as melhores decisões em tempo útil. Para o efeito, os jogadores necessitam em termos físicos de velocidade, resistência aeróbica, potência e resistência muscular (Santos Filho, 1995), bem como coordenação e equilíbrio, permitindo ajustar as suas ações ao tempo e espaço disponível e como tal ao ritmo do jogo (Barbanti, 1988).

No sentido de uma melhor compreensão sobre as exigências físicas do jogo de futsal, é possível a avaliação de variáveis de carga Interna (Frequência cardíaca ou perceção subjetiva de esforço – PSE), que permitem descrever os efeitos fisiológicos do trabalho realizado, bem como de carga Externa, que permitem a descrição das exigências físicas do trabalho realizado tendo por base diferentes dimensões: cinemática (distância total e velocidade), mecânica (aceleração, desaceleração e player load) e metabólica (power metabólico) (Impellizzeri et al.). Através destas medidas é possível comparar a carga de trabalho realizada por cada jogador bem como o seu impacto fisiológico em treino ou em jogo, bem como realizar a sua comparação entre jogadores e ao longo do tempo (Ribeiro et al., 2020).

Na tentativa de melhorar os processos de avaliação e análise da performance e fadiga, as equipes técnicas têm utilizado vários recursos para conseguir obter informações confiáveis em relação ao desempenho dos jogadores em treino e em competição. Identificar as variáveis que caracterizam os perfis físicos dos jogadores de futsal permite uma melhor prescrição e periodização do treino, mas também a melhoria da prevenção de lesões e desenvolvimento de estratégias de recuperação (Wilke et al., 2019). Face a este tipo de exigências, têm surgido nos últimos anos cada vez mais ferramentas e instrumentos que ajudam a monitorizar e a diagnosticar as cargas dos atletas, assim como, as lesões, podendo desta forma cada vez mais potenciar a performance dos atletas (Mattos Dias et al., 2022).

Uma ferramenta que tem sido explorada no auxílio da carga física e na prevenção de lesões é a termografia infravermelha (TI). A TI permite a medição da temperatura da pele, através de uma câmara/sensor termográfico (Silva, 2022), sendo uma ferramenta não invasiva, inofensiva, sem emissão de radiação e rápida (Marins et al., 2014). Através da TI é possível obter padrões de variações térmicas corporais, que são representados através de variações da temperatura provocados por processos fisiológicos (Novotny et al., 2015). A temperatura corporal é um indicador relevante para o estado de saúde do ser humano. A vasodilatação dos capilares está correlacionada com o aumento de temperatura corporal, já a desvascularização está relacionada com a diminuição da temperatura, fazendo com que o fluxo sanguíneo seja um dos motivos que mais auxiliam na identificação do perfil térmico, embora existam outros fatores (Santa Cruz et al., 2022). A temperatura corporal pode ser então descrita como interna ou superficial. A temperatura interna representa a temperatura mais próxima dos tecidos, já a temperatura superficial corresponde à temperatura da pele (Racinais et al., 2017).

Através da TI, é possível apresentar a temperatura da pele em tempo real nas imagens térmicas geradas (Marins, 2014), sendo essas imagens denominadas termogramas (Ring, 2006). A câmara/sensor termográfico capta a radiação infravermelha da superfície corporal, convertendo depois em valores de temperatura permitindo diferenciar as áreas frias das quentes. No processo de recolha de dados da TI, é necessário ter atenção e rigor para fatores relevantes, nomeadamente, o controlo ambiental (Fernández-Cuevas et al., 2015), e a importância de expor a amostra ao ambiente (10-15 minutos) onde será realizada a recolha dos termogramas a fim de atingir um equilíbrio térmico e se possa realizar uma recolha mais precisa (Marins et al., 2015).

Pesquisas recentes indicam o uso da termografia como indicador fiável de ativação muscular e lesão muscular tendo por base alterações de temperatura do músculo depois dos jogos/treinos, (Conceição Lira et al., 2019). No entanto, cada atleta possui movimentos e padrões físicos específicos, que influenciam a sua carga externa bem como a sua carga interna e deste modo, o seu padrão de variação de temperatura muscular. Deste modo, a recolha de termogramas frequente permite estabelecer um perfil térmico individual de cada atleta, potenciando a identificação de variações no seu padrão de temperatura corporal mais ajustadas. Com isso, é possível criar um mapa, com as características térmicas de cada região corporal de interesse.

Qualquer variação anormal da TP, de um termograma, pode ser relacionada com um processo degenerativo, que pode ser apresentado por uma hipotermia local, ou com um processo inflamatório (Hildebrandt et al., 2012). Segundo Oliveira (2020), elevados valores de carga interna e externa associados sobretudo a ações de alta intensidade em jogos de futebol tendem a provocar danos muscular que se transformam em processos inflamatórios. No entanto, apesar dos estudos realizados com recurso a termografia, ainda existe uma grande lacuna no que diz respeito ao controlo da carga de treino, bem como a avaliação da correlação entre a temperatura e variações na carga de treino. Face ao exposto, este estudo teve como objetivo monitorar o impacto do treino no processo inflamatório dos membros inferiores, tendo por base a carga externa de cada sessão e a termografia infravermelha. Colocamos como hipóteses que existe uma relação entre os valores de temperatura registados através de termografia e as variáveis de carga externa e carga interna. A realização deste trabalho permitirá uma melhor compreensão sobre o processo inflamatório dos grupos musculares dos membros inferiores e consequentemente a sua temperatura e a natureza da carga de treino ao longo do microciclo.

Metodologia

Amostra

O estudo incluiu uma amostra de onze jogadores de futsal masculino de elite ($23,45 \pm 4,3$ anos; $70,63 \pm 7,96$ Kg), que pertencem a uma equipa que competiu na Liga Placard de Futsal na época desportiva 2022/23. O estudo foi realizado durante 5 microciclos durante o período competitivo. Cada microciclo era composto por um período entre 3 e 6 dias de treino, dependendo da calendarização dos jogos. Cada sessão de treino teve a duração de ± 90 min, incluindo treinos físicos, técnicos e táticos. Todos os procedimentos seguiram as diretrizes da Declaração de Helsinque para as investigações em seres humanos.

Procedimentos

Para a análise da carga externa, foi utilizado um acelerómetro (Overtraq, Captiks, IT) com uma frequência de 200Hz que permitiu a quantificação do player load de cada jogador e do player load de alta intensidade de acordo com o algoritmo previamente validado (Overtraq, Captiks, IT). Mais especificamente foram reportadas duas variáveis: *external load* (Ext) e *external load high* (ExtH) que eram recolhidas no decorrer de todas as sessões de treino. Os dados foram analisados através do *overtrack analyzer* (Overtraq, Captiks, IT). Para análise da carga interna foi utilizada a perceção subjetiva de esforço (PSE). Após até 30min do final de cada sessão de treino, era recolhida a perceção subjetiva de esforço através de uma Escala de Borg com classificações compreendidas entre 6-20 (6 correspondia ao mínimo de esforço e 20 ao máximo esforço) (Borg, 2000). Para a análise da fadiga muscular, na manhã de cada dia de treino, foi aplicado um questionário de Bem-estar (Hooper & Mackinnon, 1995), onde era reportada a dor muscular (1 a 5 em que em que 1 é muito alto e 5 muito baixo). O preenchimento do questionário foi realizado de forma individual através de formulário online (Microsoft Forms,

forms.office.com) na manhã do dia após o treino. Para a análise da termografia utilizou-se um sensor infravermelho modelo optris Xi 400 To10 (Optris GmbH, Berlim, Alemanha) com faixa de detecção entre -20 °C e + 100 °C, precisão de ± 2 °C, sensibilidade de 80 mK, banda espectral infravermelho de 8 μm a 14 μm , taxa de atualização de 80 Hz/ 27 Hz, foco manual e resolução de 382 x 288 pixels. A câmara foi posicionada a uma distância de 1,5 m da amostra (Priego-Quesada et al., 2020), com altura de 45 cm. O voluntário permanecia de pé e em posição estática para as aquisições das imagens térmicas (Fernandes et al., 2014). A temperatura da sala foi mantida entre os 20 e os 22°C (Silva et al., 2022). Todos os termogramas foram obtidos na parte da tarde, com intervalo mínimo de 24 horas em relação ao treino anterior. Para cada voluntário foram obtidos dois termogramas (1 anterior e 1 posterior), figura 1.

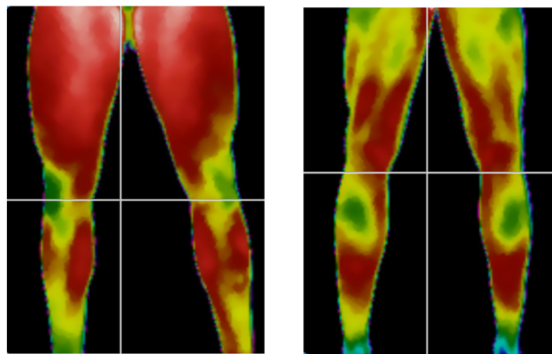


Figura 1-Termogramas anterior e posterior

As imagens térmicas foram analisadas no software (APOLLO, Brasil), através do método de Termopixelgrafia (TPG). A TPG consiste numa análise de faixas de temperatura tendo em conta a frequência do número de pixels e a sua percentagem. Essas faixas de temperatura são classificadas em 3 zonas: zona fria (28-29 °C + 29-30 °C + 30-31 °C); zona média (31-32 °C + 32-33 °C); zona quente (33-34 °C + 34-35 °C + 35-36 °C), este tipo de análise foi desenvolvida através de conceitos apresentados por Fernandes (2017). As análises da Temperatura foram apresentadas a partir da percentagem da zona quente (Temp), da parte anterior e posterior juntas (Figura 1).

Tratamento estatístico

Para a análise Estatística foram consideradas as variáveis e carga interna e carga externa de cada sessão de treino, bem como os resultados da fadiga muscular e das imagens de termografia do dia subsequente. Foi realizada inicialmente uma análise descritiva dos dados. Posteriormente foi testada a normalidade dos dados através do teste de *Shapiro-Wilk*, não sendo possível obter distribuição normal para todas as variáveis. O teste de correlação de *spearman* foi realizado para verificar o nível de relação entre as variáveis. Os critérios adotados para categorizar magnitudes de correlações (r) foram os seguintes: ≤ 0.1 , trivial; $> 0.1-0.3$, pequeno; $> 0.3-0.5$, moderado; $> 0.5-0.7$, grande; $> 0.7-0.9$, muito grande; e $> 0.9-1.0$, quase perfeito (Cohen et al., 2013). Foi ainda utilizado o teste de *Friedman* para detetar diferenças das variáveis e

posteriormente o teste de *Wilcoxon* para realizar as comparações múltiplas. As análises estatísticas foram realizadas com IC 95%; $p < 0,05$. Todos os procedimentos foram realizados com *SPSS* versão 28.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, EUA).

Resultados

Os resultados (Tabela 1) revelaram que o dia em que se verificou maior valor médio de dor foi o MD+1, de PSE o MD-4, de Ext o MD-1, de ExtH o MD-1 e de Temp o MD-4. De forma interessante as variáveis dor e temperatura revelaram os valores mais elevados no início da semana, diminuindo até aos dias mais próximos do jogo.

Tabela 1-Estatísticas descritivas (Média e Desvio de padrão)

	Dor	PSE	Ext	ExtH	Temp (%)
MD+1	3,52±0,85	17,03±1,92	469,08±135,57	260,18±101,07	29,25±21,84
MD+2	3,09±0,69	15,34±2,04	363,08±121,83	238,61±101,07	18,86±17,59
MD-4	3,14±0,77	18,34±22,70	450,70±103,81	294,93±111,06	29,76±22,21
MD-3	2,81±0,66	15,25±1,34	385,58±88,02	217,01± 75,50	26,47±23,45
MD-2	2,94±0,68	14,38±1,81	314,24±49,35	171,26± 47,35	24,12±19,96
MD-1	2,94±0,76	15,50±1,51	485,03± 81,07	324,69± 71,61	10,09±13,28

No que diz respeito à variação entre dias de treino em cada semana, foram observadas variações distintas em função da dinâmica observada em cada semana. A Tabela 2 reporta a evolução das variáveis durante cada microciclo. As variáveis que revelaram maior variação entre os respetivos dias do microciclo foram a Dor (Microciclo 8 ($p=.020$), Microciclo 9 ($p=.013$), Microciclo 10 ($p=.031$)) e a Temp (Microciclo 7 ($p=.003$), Microciclo 9 ($p<.001$), Microciclo 10 ($p=.031$)). A PSE revelou uma variação significativa no Microciclo 9 ($p=.031$) e Microciclo 10 ($p<.001$). Já o Ext e ExtH revelaram variações no Microciclo 8 (Ext $p<.001$; ExtH $p=.013$) e Microciclo 10 (Ext $p=.001$; ExtH $p=.003$). O Microciclo 10 foi o que apresentou maiores variações em todas as variáveis, sendo que o Microciclo 11, não revelou evolução significativa em nenhuma variável.

Tabela 2-Evolução das variáveis em cada microciclo

	Dor	PSE	Ext	ExtH	Temp
Microciclo 7					$P=.003^*$
Microciclo 8	$P=.020$		$p<.001\#$	$P=.013 \##$	
Microciclo 9	$P=.013$	$P=.031$			$p<.001$
Microciclo 10	$P=.031$	$p<.001$	$P=.001^{**}$	$P=.003^{***}$	$P=.031^{****}$
Microciclo 11					

* MD-3 vs MD-2 ($p = .048$); MD-2 vs MD-1($p = .048$)

MD+2 vs MD-4 ($p = .040$); MD-4;MD-3 ($p = .040$)

MD+2 vs MD-4 ($p = .080$); MD-4;MD-3 ($p = .040$)

** MD-3 vs MD-2 ($p = .048$); MD-2 vs MD-1($p = .048$)

*** MD-3 vs MD-2 ($p = .048$); MD-2 vs MD-1($p = .048$)

**** MD-2 vs MD-1($p = .048$)

Os resultados da análise de correlações entre variáveis, revelaram apenas uma correlação significativa de efeito pequeno entre a variável temperatura e a variável PSE. A PSE revelou ainda correlação significativa negativa de efeito pequeno com a variável Dor e positiva de efeito pequeno com as variáveis Ext, ExtH. Verificou-se ainda uma correlação significativa, de efeito quase perfeito entre o Ext e ExtH. As restantes variáveis não revelaram correlações significativas (Figura 2).

	Dor	PSE	Ext	ExtH	Temp
PSE	-0.162*				
Ext	0.098	0.182*			
ExtH	-0.026	0.18*	0.905*		
Temp	-0.031	0.221*	-0.073	-0.099	

Figura 2- Matriz correlação geral

* $p < .05$

No MD+1 (Figura 3) verificou-se uma correlação significativa de efeito muito grande entre Ext e ExtH. A variável Temp revelou correlação significativa negativa de efeito moderado com o Ext, assim como a Dor com o ExtH. As restantes variáveis não revelaram correlações significativas.

	Dor	PSE	Ext	ExtH	Temp
PSE	-0.182				
Ext	-0.181	0.246			
ExtH	-0.473*	0.343	0.862*		
Temp	0.026	-0.014	-0.474*	-0.334	

Figura 3-Matriz correlação MD+1

* $p < .05$

No MD+2 (Figura 4), verificou-se uma correlação significativa da variável Ext com a ExtH, com efeito quase perfeito. As restantes variáveis não revelaram correlações significativas.

	Dor	PSE	Ext	ExtH	Temp
PSE	-0.242				
Ext	0.234	0.054			
ExtH	0.197	0.142	0.924*		
Temp	-0.124	0.148	-0.019	0.009	

Figura 4-Matriz correlação MD+2

* $p < .05$

No MD-4 (Figura 5) verificou-se uma correlação significativa com efeito muito grande entre a variável Ext e Exth. Podemos observar também uma correlação significativa com efeito moderado entre o PSE e a Temp. As restantes variáveis não revelaram correlações significativas.

	Dor	PSE	Ext	ExtH	Temp
PSE	-0.22				
Ext	-0.064	-0.156			
ExtH	-0.131	-0.046	0.885*		
Temp	-0.074	0.349*	-0.128	-0.162	

Figura 5-Matriz correlação MD-4

* $p < .05$

No MD-3 (Figura 6) verificou-se uma correlação significativa com efeito muito grande entre o Ext e Exth. A PSE tem correlação significativa com efeito grande com Ext, por sua vez tem uma correlação significativa negativa moderada com a Dor. As restantes variáveis não revelaram correlações significativas.

	Dor	PSE	Ext	ExtH	Temp
PSE	-0.49*				
Ext	0.07	0.533*			
ExtH	0.071	0.413	0.77*		
Temp	-0.205	0.249	-0.029	0.093	

Figura 6-Matriz correlação MD-3

* $p < .05$

No MD-2 (Figura 7) verificou-se uma correlação significativa com efeito muito grande entre a variável Ext e Exth. A PSE tem correlação significativa negativa com efeito muito grande com a Dor. As restantes variáveis não revelaram correlações significativas.

	Dor	PSE	Ext	ExtH	Temp
PSE	-0.721*				
Ext	0.195	-0.058			
ExtH	0.123	0.037	0.729*		
Temp	0.043	0.106	-0.165	-0.288	

Figura 7-Matriz correlação MD-2

* $p < .05$

No MD-1 (Figura 8) verificou-se uma correlação significativa com efeito muito grande entre a variável Ext e Exth. As restantes variáveis não revelaram correlações significativas.

	Dor	PSE	Ext	ExtH	Temp
PSE	-0.199				
Ext	0.154	0.135			

ExtH	0	0.319	0.762*	
Temp	-0.309	0.651	0.619	0.524

Figura 8-Matriz correlação MD-1

* $p < .05$

Discussão

Este estudo teve como objetivo monitorar o impacto do treino dos membros inferiores de jogadores de futsal no processo inflamatório dos membros inferiores, tendo por base a carga externa de cada sessão e a utilização de termografia infravermelha. Os resultados reforçaram parcialmente as expectativas consideradas, uma vez que as relações entre carga externa e termografia revelaram variações diferenciadas em função da semana em análise. Os principais resultados revelaram correlações elevadas e positivas entre o *external load* e *external load high* durante todos os MD, ou seja, quanto maior a carga de treino, maior é carga de alta intensidade. A Dor revelou uma correlação negativa com a PSE no acumulado para todos os microciclos, e em particular no MD-3, MD-2. A Dor e a temperatura foram as variáveis que revelaram maior variação no decorrer dos microciclos. Ao invés do expectável, a termografia não se revelou uma variável com capacidade discriminatória do nível de inflamação muscular entre os dias do microciclo da amostra considerada. No entanto, apesar de pequena, verificou-se uma correlação geral positiva entre os valores de PSE e temperatura muscular. Estes resultados confirmam de alguma forma o verificado em estudos anteriores em que através da TI é possível obter padrões de variações térmicas corporais em função de variações nos processos fisiológicos (Novotny et al., 2015).

As variações dentro de cada microciclo permitem uma melhor compreensão sobre as adaptações em função dos objetivos e estado da equipa. Dos dados recolhidos as variáveis que tiveram mais vezes evolução durante os microciclos foram a Temperatura e a Dor (tabela 2). Olhando mais detalhadamente para os resultados, verificamos uma evolução significativa da dor durante os microciclos 8,9 e 10, sem grande variação entre nenhum MD, assim como da PSE que teve evolução significativa durante os microciclos 9 e 10 mas sem variação entre nenhum MD. Segundo Travassos et al. (2023) estes resultados podem demonstrar que existiu uma adequação dos treinos, por parte da equipa técnica, permitindo gerir a relação entre a carga e a fadiga em relação aos conteúdos do treino.

Foi possível ainda verificar uma adaptação dos jogadores para lidar com a fadiga nos treinos. No caso da inflamação dos membros inferiores, e analisando a variável temperatura, foi possível observar uma evolução significativa no microciclo 7, existindo uma variação significativa do MD-3 para MD-2 e do MD-2 para o MD-1, no microciclo 9 e no microciclo 10, com variação significativa MD-2 para MD-1. Uma explicação para estes resultados pode estar relacionado com a variação da carga durante o microciclo que provoca posteriormente processos inflamatórios, que podem ocorrer entre 24h até 7 dias quando existe aumentos repentinos da carga ou fadiga muscular (Armstrong, 1984). As diferenças mais significativas aconteceram no final do microciclo o que reflete a acumulação da carga nos jogadores através de processos

inflamatórios. Já na carga externa (Ext e ExtH), observamos uma evolução significativa no microciclo 8, sendo que, existiu uma variação significativa do MD+2 para MD-4 e do MD-4 para o MD-3, e no microciclo 10, existiu uma variação significativa do MD-3 para MD-2 e do MD-2 para o MD-1. Isto pode estar relacionado com a relação carga fadiga, e da adaptação relativamente ao calendário da competição. O equilíbrio entre a preparação dos jogadores individualmente e coletivamente, de acordo com as necessidades da competição é fundamental para melhorar a preparação e as expectativas dos jogadores para a competição (Travassos et al., 2023). Apesar das variações de carga externa, tendo por base a variável player load, estes parecem não apresentar uma relação linear com a temperatura. Tal pode dever-se a variações individualizadas dos processos inflamatórios e consequentemente da temperatura corporal face à carga de treino (Conceição Lira et al., 2019).

Durante os microciclos existiu uma maior variação nos MD-3 vs MD-2 e MD-2 vs MD-1. Quantidades excessivas de treino sem recuperação suficiente podem prejudicar o desempenho e o risco de lesões, da mesma forma, que o treino insuficiente pode reduzir as capacidades de desempenho de um atleta ou de toda a equipa (Rocha et al., 2015). Segundo Impellizzeri et al. (2004), deve existir um estratégia de *tapper*, para tentar assegurar uma resposta fisiológica adequada à competição, ou seja, cargas mais elevadas no início do microciclo e cargas mais leves no final do microciclo. Segundo Costill and Wilmore (2001), atividades físicas de maior impacto tendem a inflamar os tecidos dos músculos mais exigidos. No entanto, neste trabalho não observámos uma relação linear forte entre Ext, ExtH ou PSE e temperatura, mesmo na comparação entre dias da semana. Deste modo podemos concluir que apesar da termografia ser capaz de prever as áreas que são ativadas em função dos esforços que os atletas realizam e dos processos inflamatórios desenvolvidos, (Arnaiz-Lastras et al., 2014) as variáveis de carga externa baseadas em acelerometria, como o *external load* (Casamichana et al., 2013), não conseguem expressar variações de volume e intensidade e como tal não conseguem uma relação linear com a temperatura. Estudos futuros devem considerar a avaliação da carga externa tendo por base diferentes dimensões da carga como sejam as distâncias percorridas a diferentes intensidades, acelerações e desacelerações ou mesmo impactos de modo a uma melhor análise da relação entre variáveis. Para além do referido, esta avaliação necessita em estudos futuros olhar para variações individuais, uma vez que a resposta inflamatória ao exercício é dependente da capacidade individual (Novotny et al., 2015) e como tal poderá gerar variações inter-individuais não mensuráveis neste tipo de análises.

Por seu lado, a PSE demonstrou correlação com a Dor e com a Temperatura. Deste modo, apesar de não se verificar uma relação linear entre carga externa e dor ou temperatura, parece que o impacto fisiológico desta carga tem um efeito sobre a dor muscular e temperatura. Deste modo, consideramos que a PSE poderá ser considerada como uma variável passível de ser utilizada para verificar o impacto do treino nos indivíduos (Impellizzeri et al.) e deste modo ajustar as estratégias de recuperação em função da sua variação.

Importante referir a existência de algumas limitações ao estudo, desde logo o reduzido tamanho da amostra, tanto de microciclos como de jogadores. Ter em consideração uso de instrumentos e informações subjetivas (PSE e Dor) devido ao caráter subjetivo de algumas dessas métricas (Jeffries et al., 2020). Antes de considerar os resultados deste tipo de instrumentos é necessário considerar a influencia de outros fatores contextuais e um processo de familiarização dos da amostra (Travassos et al., 2023). Na recolha dos termogramas não existiu o tempo de adaptação de cada jogador a temperatura da sala, durante 10 a 15 minutos como recomendado por Marins (2014). É necessário uma maior discriminação da carga externa, em particular, das variáveis cinemáticas, como a distância percorrida ou a velocidade média de corrida, que são fisiologicamente relevantes, e podem ser variáveis representativas do consumo de energia (Vanrenterghem et al., 2017).

Conclusão

Em conclusão, não se verificou a relação esperada entre carga externa, carga interna, dor muscular e variações na temperatura corporal. Deste modo, estudos futuros são necessários para uma melhor compreensão das variações dos processos inflamatórios e temperatura corporal e sua relação com carga interna e externa. Tendo por base os resultados observados, para melhorar o processo de relação carga fadiga, as equipas técnicas devem adaptar os treinos em função dos objetivos e do estado da equipa, para existir uma recuperação suficiente, sem esta base o desempenho e o risco de lesões dos jogadores vão aumentar, da mesma forma que, o treino insuficiente pode reduzir as capacidades de desempenho de um atleta ou de toda a equipa, é preciso existir um equilíbrio. Desta forma o treinador/equipa técnica devem observar estas variáveis e perceber os efeitos das mesmas de modo a ajustar o programa de treino. Assim, os resultados encontrados no presente estudo, permitem contribuir para um processo de controlo de carga mais eficaz, servindo também como base para futuras investigações nesta área. Para isso, a análise da carga interna através da PSE parece ser a variável que melhor resposta deu para a avaliação das diferentes dimensões em análise.

Implicações Práticas

Os jogadores devem ser desafiados adequadamente através da periodização apropriada, permitindo uma recuperação ideal entre as sessões de treino de modo a alcançar as adaptações fisiológicas desejadas no sistema (Bompa & Buzzichelli, 2015). Durante os microciclos a equipa técnica deve adequar as cargas de treino tendo em conta os objetivos da equipa, para, deste modo, evitar lesões e diminuição do desempenho desportivo (Rocha et al., 2015). O processo de monitorização da carga deve ser o que melhor se adequa aos propósitos da equipa assim como os objetivos (Houtmeyers et al., 2021). Neste caso, a Dor a PSE, permitem apoiar a intervenção da equipa técnica na equipa.

Referências

- Armstrong, R. (1984). Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Medicine and science in sports and exercise*, 16(6), 529-538.
- Arnaiz-Lastras, J., Fernández Cuevas, I., Lopez-Diaz, C. J., Carmona, P., & Quintana, M. (2014). Aplicación práctica de la termografía infrarroja en el fútbol profesional. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 3, 6-15.
- Barbanti, V. (1988). O movimento humano. *Revista Paulista de Educação Física*, 2(3), 13-16.
- Barbero-Alvarez, J. C., Soto, V. M., Barbero-Alvarez, V., & Granda-Vera, J. (2008). Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *J Sports Sci*, 26(1), 63-73. <https://doi.org/10.1080/02640410701287289>
- Bompa, T., & Buzzichelli, C. (2015). *Periodization training for sports*, 3e. Human kinetics.
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Román, J., & Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(2), 369-374.
- Cohen, J., Cohen, P., West, S. G., & Aiken, L. S. (2013). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences*. Routledge.
- Conceição Lira, J., Ilnete, C., do Vale Júnior, E. G., Monteiro, M. L., & Santa Cruz, R. A. (2019). Simetria térmica de membros inferiores em atletas de futsal. *Revista Observatorio del Deporte*, 08-17.
- Costill, D. L., & Wilmore, J. H. (2001). Fisiologia do esporte e do exercício. *São Paulo, ed. Manole, c, 2*, 28-51.
- Davids, K., Button, C., & Bennett, S. (2008). *Dynamics of skill acquisition: A constraints-led approach*. Human kinetics.
- Duarte, R., Araújo, D., Correia, V., & Davids, K. (2012). Sports teams as superorganisms. *Sports Medicine*, 42(8), 633-642.
- Fernandes, A. (2017). Cinética e proposta de análise da temperatura da pele de membros inferiores em atletas de futebol profissional.
- Fernandes, A., dos Santos Amorim, P. R., Brito, C. J., de Moura, A. G., Moreira, D. G., Costa, C. M. A., Sillero-Quintana, M., & Marins, J. C. B. (2014). Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. *Physiological measurement*, 35(2), 189.
- Fernández-Cuevas, I., Marins, J. C. B., Lastras, J. A., Carmona, P. M. G., Cano, S. P., García-Concepción, M. Á., & Sillero-Quintana, M. (2015). Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Physics & Technology*, 71, 28-55.
- Gréhaigne, J.-F., Godbout, P., & Bouthier, D. (1999). The foundations of tactics and strategy in team sports. *Journal of Teaching in Physical Education*, 18(2), 159-174.
- Hildebrandt, C., Zeilberger, K., Ring, E. J., & Raschner, C. (2012). The application of medical infrared thermography in sports medicine. *An international perspective on topics in sports medicine and sports injury*, 534.

- Hooper, S. L., & Mackinnon, L. T. (1995). Monitoring Overtraining in Athletes. *Sports Medicine*, 20(5), 321-327. <https://doi.org/10.2165/00007256-199520050-00003>
- Houtmeyers, K. C., Jaspers, A., & Figueiredo, P. (2021). Managing the Training Process in Elite Sports: From Descriptive to Prescriptive Data Analytics. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(11), 1719-1723. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0958>
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270-273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-Based Training Load in Soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(6). https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2004/06000/Use_of_RPE_Based_Training_Load_in_Soccer.18.aspx
- Jeffries, A. C., Wallace, L., Coutts, A. J., McLaren, S. J., McCall, A., & Impellizzeri, F. M. (2020). Athlete-Reported Outcome Measures for Monitoring Training Responses: A Systematic Review of Risk of Bias and Measurement Property Quality According to the COSMIN Guidelines. *International journal of sports physiology and performance*, 15(9), 1203-1215. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0386>
- Marins, J. B., de Andrade Fernandes, A., Moreira, D. G., Silva, F. S., Costa, C. M. A., Pimenta, E. M., & Sillero-Quintana, M. (2014). Thermographic profile of soccer players' lower limbs. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 7(1), 1-6.
- Marins, J. C. B., Formenti, D., Costa, C. M. A., de Andrade Fernandes, A., & Sillero-Quintana, M. (2015). Circadian and gender differences in skin temperature in militaries by thermography. *Infrared Physics & Technology*, 71, 322-328.
- Marins, J. C. B. M., Danilo Gomes Cano, Sergio Piñonosa Quintana, Manuel Sillero Soares, Danusa Dias de Andrade Fernandes, Alex da Silva, Fabrício Sousa Costa, Carlos Magno Amaral dos Santos Amorim, Paulo Roberto. (2014). Time required to stabilize thermographic images at rest. *Infrared Physics & Technology*, 65, 30-35.
- Mattos Dias, F. A., Gomes de Campos, M., Araújo Lisboa, L. d. A., & de Assis Cassemiro, H. (2022). PERFIL TÉRMICO DOS MEMBROS INFERIORES DE JOGADORES DE FUTSAL UNIVERSITÁRIO. *Brazilian Journal of Soccer Science/Revista Brasileira de Futebol*, 15(5).
- Matzenbacher, F., Pasquarelli, B., Rabelo, F., & Reeberg Stanganelli, L. (2014). Demanda fisiológica no futsal competitivo. Características físicas e fisiológicas de atletas profissionais. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 7, 122-131. [https://doi.org/10.1016/S1888-7546\(14\)70074-7](https://doi.org/10.1016/S1888-7546(14)70074-7)
- Novotny, J., Rybarova, S., Zacha, D., Bernacikova, M., & Ramadan, W. A. (2015). The influence of breaststroke swimming on the muscle activity of young men in thermographic imaging. *Acta Bioeng. Biomech*, 17(2), 121-129.

- Oliveira, W. H. D. (2020). Comparações de comportamentos da Proteína C-reativa e da temperatura da pele dos membros inferiores de atletas profissionais de futebol em resposta a jogos consecutivos.
- Priego-Quesada, J. I., De la Fuente, C., Kunzler, M. R., Perez-Soriano, P., Hervás-Marín, D., & Carpes, F. P. (2020). Relationship between skin temperature, electrical manifestations of muscle fatigue, and exercise-induced delayed onset muscle soreness for dynamic contractions: a preliminary study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(18), 6817.
- Racinais, S., Cocking, S., & Périard, J. D. (2017). Sports and environmental temperature: from warming-up to heating-up. *Temperature*, *4*(3), 227-257.
- Ribeiro, J. N., Gonçalves, B., Coutinho, D., Brito, J., Sampaio, J., & Travassos, B. (2020). Activity Profile and Physical Performance of Match Play in Elite Futsal Players [Original Research]. *Frontiers in Psychology*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01709>
- Ring, E. (2006). The historical development of thermometry and thermal imaging in medicine. *Journal of Medical Engineering & Technology*, *30*(4), 192-198.
- Rocha, R. E. R. d., Nunes, E. A., & Venera, G. D. (2015). Selective loads periodization attenuates biochemical disturbances and enhances performance in female futsal players during competitive season. *Motriz: Revista de Educação Física*, *21*, 158-167.
- Santa Cruz, R. A. R., de Araújo, F. F. M., & de Araújo, S. C. (2022). Mapeamento termográfico de membros inferiores de jovens atletas de futsal. *Research, Society and Development*, *11*(7), e42011730341-e42011730341.
- Santos Filho, J. (1995). Preparação física. *Rio de Janeiro: Sprint*.
- Silva, J. N., Lopes-Martins, R. Á. B., Martini, S. C., da Silva Boschi, S. R. M., da Silva, A. P., & Scardovelli, T. A. (2022). Uso de imagens infravermelhas em tendinopatia calcânea traumática. *Research, Society and Development*, *11*(5), e9011527829-e9011527829.
- Silva, J. N. d. L.-M. R. Á. B. M. S. C. B. S. R. M. d. S. S. A. P. d. S. T. A. (2022). Use of infrared images in traumatic calcaneal tendinopathy. *Research, Society and Development*, *11*(5), e9011527829. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.27829>
- Travassos, B. (2014). A tomada de decisão no futsal. *Lisboa: PrimeBooks*.
- Travassos, B., Braz, J., Mendes, J. L., Palas, P., Rodrigues, M., Silvério, J., & Brito, J. (2023). The Road to Becoming a World Champion in Futsal. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *18*(6), 590-602. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2022-0414>
- Vanrenterghem, J., Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., & Drust, B. (2017). Training Load Monitoring in Team Sports: A Novel Framework Separating Physiological and Biomechanical Load-Adaptation Pathways. *Sports Medicine*, *47*(11), 2135-2142. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0714-2>
- Wilke, C. F., Fernandes, F. A. P., Martins, F. V. C., Lacerda, A. M., Nakamura, F. Y., Wanner, S. P., & Duffield, R. (2019). Faster and Slower Posttraining Recovery in Futsal: Multifactorial Classification of Recovery Profiles. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(8), 1089-1095. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0626>

