

Efeito da fototerapia com diodos emissores de luz sobre a modulação autonômica em atletas de futebol

<http://dx.doi.org/10.11606/1807-5509201700010005>

Ricardo Santos OLIVEIRA*
Solange de Paula RAMOS**
Ivan Frederico Lupiano DIAS**
Dari OLIVEIRA FILHO**
Fábio Yuzo NAKAMURA**

*College of Life and Environmental Sciences, University of Exeter, Exeter, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland.

**Centro de Educação Física e Esporte, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil.

Resumo

O objetivo do estudo foi verificar o efeito da fototerapia com diodos emissores de luz (LED fototerapia) durante uma semana de treinamento sobre a modulação parassimpática e estresse percebido em atletas de futebol. Fizeram parte da amostra 18 atletas (Idade: $21,2 \pm 2,6$ anos; Peso: $73 \pm 7,2$ kg; Estatura: $178,0 \pm 6,2$ cm.). Pré e após uma semana de pré-temporada foram realizadas coletas da frequência cardíaca de repouso e a avaliação subjetiva de estresse e recuperação foi obtida por meio do "daily analysis of life demands for athletes" (DALDA). Os atletas foram aleatorizados em dois grupos, com nove atletas cada, grupo LED fototerapia (LED) e grupo placebo (PLA). O tratamento foi aplicado nos membros inferiores nos músculos do quadríceps e bíceps femoral todos os dias após a última sessão de treinamento. A aplicação foi realizada de maneira "duplo cego". ANCOVA de medidas repetidas foi utilizada para verificar o efeito do tratamento sobre modulação autonômica. O treinamento realizado por ambos os grupos foi o mesmo tanto em duração quanto intensidade. Da mesma forma, não houve diferença entre os grupos nos parâmetros de carga interna. Foi observado efeito da semana nos parâmetros média dos intervalos RR (Rmédio - LED: pré = $1033,4 \pm 150,7$ ms pós = $1056,7 \pm 114,8$ ms; PLA: pré = $962 \pm 150,8$ ms pós = $1016,8 \pm 173,5$ ms), desvio padrão dos intervalos RR normais (SDNN - LED: pré = $101 \pm 37,3$ ms pós = $92,3 \pm 27,5$ ms; PLA: pré = $97,5 \pm 34,9$ ms pós = $108,7 \pm 16,4$ ms), e razão baixa e alta frequência (LF/HF - LED: pré = $1,7 \pm 0,7$ pós = $1,4 \pm 0,6$; PLA: pré = $3,7 \pm 3,4$ pós = $3,4 \pm 2,1$) para ambos os grupos. Além disso, houve pequenas alterações nas fontes (pré = 1 ± 1 ; pós = 0 ± 1) e sintomas ('melhor que normal' pré = 5 ± 1 ; pós = 4 ± 4 ; 'normal' pré = 19 ± 7 ; pós = 21 ± 3) do DALDA para o grupo LED. A LED fototerapia não apresentou efeito sobre a modulação autonômica, mas proporcionou pequenas alterações nas fontes e sintomas de estresse.

PALAVRAS-CHAVE: Recuperação; Estresse; Carga interna.

Introdução

O desempenho ótimo durante competição esportiva é resultado da adequada aplicação de cargas de treinamento¹ e períodos ótimos de recuperação². A aplicação inadequada das cargas de treinamento pode acarretar um estado de "overreaching" não funcional, podendo evoluir para o estado de "overtraining"³. Por outro lado, a recuperação inadequada pode não proporcionar as adaptações fisiológicas necessárias ao aumento no desempenho². Dessa maneira, além da correta prescrição das cargas de treinamento, métodos de recuperação eficazes

podem influenciar positivamente o desempenho de atletas e reduzir o risco de "overtraining".

A aceleração da recuperação pode se dar por meio de métodos que auxiliem na diminuição consistente dos marcadores de estresse fisiológico² provenientes da aplicação das cargas internas e externas de treinamento⁴. As alterações fisiológicas provenientes da sobrecarga de treino, necessária em algumas etapas do treinamento⁵, são marcadamente relacionadas com alterações do sistema nervoso autônomo. Durante períodos de aplicação de elevadas cargas

de treinamento, há uma diminuição na modulação autonômica parassimpática de repouso⁶⁻⁸. Da mesma forma, durante esses períodos notam-se alterações negativas nos marcadores subjetivos de estresse e recuperação. Estudos demonstraram que a qualidade e quantidade da carga e recuperação⁹ influenciam as mudanças nas fontes e sintomas de estresse, analisados pelo DALDA, podendo estes se relacionarem ao desenvolvimento da síndrome de “overtraining”¹⁰⁻¹¹.

Por outro lado, a aplicação de métodos de recuperação pode proporcionar diminuição das alterações agudas do sistema nervoso autônomo, medido por meio da variabilidade da frequência cardíaca¹². Por exemplo, BUCHHEIT et al.¹³ mostraram que a imersão em água fria, um método de recuperação amplamente utilizado¹⁴, ocasionou maior modulação parassimpática após exercício supramáximo em comparação com a situação controle, sem aplicação de um método de recuperação pós-exercício. Além disso, AL HADDAD et al.¹⁵ observaram aumento nos marcadores parassimpáticos durante uma semana de aplicação da imersão em água fria em comparação com a condição controle. Esses estudos indicam que a recuperação apresenta influência sobre a atividade autonômica. Vale ressaltar que aumentos na modulação vagal são relacionados com melhor desempenho em esportes coletivos¹⁶. Portanto, estratégias que proporcionem aumentos, ou evitem diminuições drásticas na modulação parassimpática, podem beneficiar o desempenho em atletas de alto nível. No entanto, a aplicação de métodos de recuperação apresenta resultados controversos¹⁷⁻¹⁸. BARNETT¹⁷ mostrou que dos métodos comumente aplicados, como por exemplo massagem, recuperação ativa, imersão em

água fria e contraste, não existe consenso sobre a respectiva eficácia de cada um, tanto na alteração dos marcadores quanto no aumento no desempenho.

A fototerapia tem sido investigada como potencial método para otimização da recuperação. Seu mecanismo de ação se dá mediante aumento da atividade metabólica intracelular¹⁹ aliada a uma diminuição da produção de agentes pró-inflamatórios¹⁹⁻²³ e marcadores de dano muscular²³, e a diminuição desses, por sua vez, pode acarretar efeitos sistêmicos traduzidos em aumento na atividade parassimpática²⁴⁻²⁵ e diminuição do estresse percebido²⁶⁻²⁷. Embora inconclusivos, principalmente pela escolha dos metabólitos (ex: creatina quinase e lactato sanguíneo), modelo de exercício e aplicação de delineamento transversais, estudos apontam para um efeito positivo da fototerapia. Por exemplo, a aplicação do método proporcionou aumento no desempenho em exercícios resistidos até a exaustão²⁸, diminuição de creatina quinase 24 h após exercício²⁹, bem como diminuição da inflamação³⁰ e aumento na modulação autonômica de repouso quando aplicada diariamente em modelo animal³¹. De maneira geral, os estudos demonstram que a fototerapia, aplicada de maneira aguda, proporciona diminuição nos marcadores de estresse e aumento no desempenho^{23, 29-36}. Porém, a influência do método sobre a diminuição dos marcadores durante um microciclo de treino, bem como os mecanismos associados, são menos compreendidos.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi analisar a influência da aplicação da LED (“light-emitting diode”) fototerapia sobre a modulação autonômica e marcadores subjetivos de estresse/recuperação, durante uma semana de treinamento em atletas de futebol.

Método

Sujeitos

Fizeram parte da amostra 18 atletas (Idade: 21,2 ± 2,6 anos; Peso: 73 ± 7,2 kg; Estatura: 178,0 ± 6,2 cm) de futebol profissional da cidade de Londrina - PR. Os goleiros foram excluídos dos procedimentos do estudo. Como critérios de inclusão, os sujeitos deveriam ter idade superior a 18 anos e inferior a 35 anos, ter experiência profissional maior que um ano, não ser fumante e seguir corretamente a rotina de treino estipulada para a semana. Nenhum dos 18 atletas foi retirado do estudo por falta aos treinos ou por uso de medicamentos

anti-inflamatórios. Os participantes foram informados sobre os riscos e benefícios do presente estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina (protocolo CEP: 248/2011).

Delineamento experimental

Durante o treinamento, os atletas foram aleatorizados em dois grupos: grupo LED (n = 9), o qual recebeu tratamento; e grupo placebo (PLA

n = 9) o qual não recebeu irradiação. Para garantir o delineamento duplo-cego, o preparador físico da equipe ficou responsável pela aplicação do tratamento supervisionado por um avaliador durante a aplicação. Para isso, o avaliador instruiu o preparador físico sobre a posição em que a chave do equipamento deveria ser posicionada. Este último não conhecia a posição da chave que ligava ou não ligava o circuito. Nos atletas do grupo PLA foi posicionado o aparelho desligado sobre a região a ser irradiada. A aleatorização foi realizada a partir do software Excel (Microsoft Windows®) por um pesquisador que não estava envolvido com a aplicação do tratamento.

O estudo foi conduzido na última semana durante a pré-temporada da equipe. A aplicação do tratamento aos grupos LED ou PLA foi realizada todos os dias após o último treino do dia. A aplicação do questionário DALDA foi realizada juntamente com as coletas de frequência cardíaca de repouso. Pré (segunda) e pós (sábado) a semana experimental, a frequência cardíaca de repouso foi coletada por um período de 10 minutos na posição sentada. A carga interna de treinamento durante a semana foi acompanhada por meio da percepção subjetiva do

esforço da sessão (PSE da sessão). O registro da carga externa se deu pela média da duração e o tipo do estímulo aplicado aos atletas.

Aplicação do tratamento (LED - PLA)

Durante a semana avaliada, os atletas treinaram duas vezes ao dia. Um treino foi realizado pela manhã e o outro durante a tarde. O tratamento foi aplicado todos os dias após a última sessão de treinamento. Para aplicação, foi seguido o protocolo proposto por LEAL JUNIOR et al.³⁶ O aparelho foi posicionado em contato com a pele sobre os seguintes músculos de ambos os membros inferiores: quadríceps e bíceps femoral. Cada músculo foi irradiado em dois pontos (proximal e distal) por um período de 4 min. A TABELA 1 apresenta as especificações do tratamento. A aplicação foi realizada em um período de 10 a 45 min após o término da última sessão de treinamento. Para o grupo PLA, o aparelho apresentava as mesmas características do aparelho usado com o grupo LED, no entanto, a chave deveria ser ligada para outra direção de modo que não houvesse acionamento das luzes (invisíveis ao olho nu).

TABELA 1 - Parâmetros para a aplicação do LED.

Parâmetros	Especificações
Número de diodos	56
Comprimento da onda	940 nm
Frequência	Continua.
Potência de saída	3,3 mW por diodo.
LED spot size	0,007 cm ²
Densidade da potência	0,013 W/cm ²
Energia	44,35 J (por ponto).
Densidade da energia	3,16 J/cm ²
Tempo do tratamento	4 min e por região muscular.
Número de pontos de irradiação por músculo	Quadríceps: 2 pontos; Bíceps femoral: 2 pontos.
Total de energia por atleta	354,8 J
Modo de aplicação	Estacionária em contato com a pele.

Controle da carga de treino

A quantificação da carga interna de treinamento foi realizada por meio da percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE da sessão)³⁷. Para isso, foi calculado o produto entre a duração da sessão de treinamento acumulada em minutos e o valor

relatado pelo atleta na versão brasileira da escala de PSE CR-10 de BORG³⁸. A escala foi apresentada aos atletas 30 minutos após o final de cada sessão de treino³⁹. Todos os atletas eram habituados à utilização da escala em suas rotinas de treino. Os parâmetros analisados foram a PSE da sessão total acumulada na semana, obtida pela soma da PSE da sessão de todas

as sessões de treino, a média diária dos impulsos de treinamento (PSE da sessão média), a monotonia da semana (PSE da sessão média dividida pelo seu desvio padrão) e o strain (monotonia multiplicado pela PSE da sessão total). O método foi aplicado de acordo com o proposto por NAKAMURA et al.⁴⁰.

A carga externa de treinamento foi obtida pelo preparador físico da equipe, o qual forneceu o tipo e a duração de cada treino realizado durante a semana experimental, que representa a quantidade e qualidade de carga externa aplicada. Durante a semana os atletas realizaram o treino descrito na TABELA 2.

TABELA 2 - Treino realizado pelos atletas durante a semana experimental.

	Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
PLA	JCR	Sprints/ Técnico	Técnico/ Tático	Potência	Repouso	Coletivo	Potência	Sprints/ Tático	Repouso	Amistoso
LED	JCR	Sprints/ Técnico	Técnico/ Tático	Potência	Repouso	Coletivo	Potência	Sprints/ Tático	Repouso	Amistoso

JCR: Jogos com campo reduzido.

Aplicação do questionário DALDA

O questionário foi aplicado na segunda-feira e no sábado previamente ao início do treinamento. O questionário é dividido em duas partes (parte A: 9 questões; parte B: 25 questões) as quais representam as fontes e os sintomas de estresse, respectivamente. Os atletas responderam às questões de ambas as partes assinalando uma de três possíveis respostas: “pior que o normal”; “normal” e “melhor que o normal”. Para o preenchimento os atletas foram orientados a escolherem as respostas que precisamente demonstrassem seus pensamentos e atividades indicando em qual medida cada afirmação se encaixava em seu estado atual⁴¹. Para análise dos dados foram computadas o número de respostas “pior que o normal”; “normal” e “melhor que o normal” de cada parte do questionário. O DALDA foi validado e adaptado para a língua portuguesa⁴¹.

Monitoramento da frequência cardíaca

Durante 10 minutos de repouso, antes do início do treinamento na segunda e sábado, a frequência cardíaca (FC) dos voluntários foi registrada em intervalos RR (ms) com um monitor de frequência cardíaca modelo Polar Team2 (Polar®, Kempele, Finlândia). Esse aparelho registra e armazena sinais das ondas R do coração a cada batimento por meio de um transmissor posicionado no tórax do atleta. O equipamento conta com um receptor que recebeu os sinais simultaneamente de cada atleta e armazenou para futura análise.

Variabilidade da frequência cardíaca

Os dados foram coletados com frequência de amostragem de 1.000 Hz e os registros dos intervalos R-R foram filtrados para eliminar possíveis ruídos provenientes de batimentos ectópicos ou erros de leitura do aparelho na ordem de 20 bpm⁴², sendo que o percentual de correção dos intervalos R-R foi menor que 2%. Este procedimento foi realizado por meio do software Polar Pro Trainer versão 5.35 (Polar Electro®, Kempele, Finlândia). Em caso de permanência de pontos errôneos o mesmo foi identificado visualmente e interpolado pelos valores adjacentes.

Após a filtragem, os dados foram analisados no software Kubios HRV versão 1.1 (Biosignal Analysis and Medial Image Group, Kuopio, Finlândia). O cálculo dos parâmetros no domínio do tempo foi realizado a partir dos índices RMSSD (raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre intervalos R-R adjacentes) e o desvio padrão dos intervalos R-R normais (SDNN). O RMSSD é considerado como indicador parassimpático e o SDNN como indicador global autonômico pela VFC¹². Os dados foram interpolados a uma frequência cúbica de 2 Hz em séries corrigidas de intervalos normais, sendo utilizada a transformada rápida de Fourier pela janela de Welch para estimar a densidade espectral. Foram estimados os componentes de baixa frequência (LF: 0,04 - 0,15 Hz) como indicador simpático e parassimpático, e de alta frequência (HF: >0,15 - 0,4 Hz) como indicador parassimpático. Tanto LF quanto HF foram expressos em unidades normalizadas (un). O balanço simpato-vagal foi expresso pela razão entre LF/HF^{12, 43}.

Análise estatística

Os dados são apresentados como média e desvio padrão. Para comparar a influência do tratamento (LED ou PLA) sobre a VFC de repouso pré e pós a semana experimental, foi aplicado ANCOVA two-way (2 grupos [LED; PLA] x 2 momentos [pré; pós]) para medidas repetidas com os valores do momento pré como covariável. Prévio à aplicação da ANCOVA foi utilizado o teste de Mauchly para análise de esfericidade. Nos casos em que o pressuposto foi violado a correção de Greenhouse-Geisser foi aplicada. Para comparação dos parâmetros de carga interna (PSE total, média e monotonia) foi aplicado teste T de Student para

amostras independentes. Para a comparação do strain foi aplicado o teste U de Mann-Whitney, uma vez que esse parâmetro não apresentou distribuição normal. Para comparação das repostas “pior que o normal” e “melhor que o normal” da parte “A” e “B” do DALDA foi aplicado o teste de Wilcoxon para verificar se houve alterações dentro dos grupos. Uma vez que os dados de VFC não apresentaram distribuição normal, o coeficiente de correlação de Spearman foi utilizado para verificar associações entre a VFC e a carga interna. O tamanho do efeito das diferenças foi analisado e interpretado de acordo com o proposto por HOPKINS⁴⁴: < 0,2: trivial; > 0,2 - 0,6: pequeno; > 0,6 - 1,2: moderado; > 1,2: grande.

Resultados

Carga externa e carga interna

Durante a semana, os atletas treinaram um total de oito sessões. Ambos os grupos realizaram os mesmos treinamentos. Não houve diferenças

entre os grupos para a PSE da sessão total, PSE da sessão média, monotonia e “strain”. No entanto, nota-se um efeito moderado para os parâmetros de monotonia e “strain” (TABELA 3).

TABELA 3 - Média (desvio padrão) dos parâmetros de PSE da sessão durante a semana experimental.

	Grupo		P	Tamanho do efeito [IC = 95%]	Interpretação
	LED (n = 9)	PLA (n = 9)			
PSE da sessão total (u.a)	1974,8 (316,5)	1944,6 (265)	0,82	-0,10 [-0,86 - 0,66]	Trivial
PSE da sessão média (u.a)	388,9 (53,0)	387,4 (62,1)	0,82	-0,02 [-0,76 - 0,81]	Trivial
Monotonia (u.a)	2,1 (0,63)	1,71 (0,42)	0,14	0,69 [-0,10 - 1,48]	Moderado
Strain (u.a)	3893,9 (33)	3187,8 (25,5)	0,82	0,74 [-0,05 - 1,52]	Moderado

DALDA

Após a semana de treinamento houve alteração nas respostas “pior que o normal” da parte “A” do DALDA para o grupo LED (Mediana ± amplitude interquartil: Segunda = 1 ± 1; Sábado = 0 ± 1; p = 0,05). Da mesma forma, houve alteração para esse grupo nas respostas “melhor que o normal” da parte “B” do questionário (Segunda = 5 ± 1; Sábado = 4 ± 4; p = 0,05) e nas respostas “normal” da parte B (Segunda = 19 ± 7; Sábado = 21 ± 3; p = 0,04).

Não houve alterações para o grupo PLA em nenhuma das respostas do questionário: “pior que o normal” da parte “A” (Segunda = 0 ± 2; Sábado = 0 ± 1; p = 0,41), “normal” da parte “A” (Segunda = 7 ± 2; Sábado = 8 ± 1; P = 0,29), “melhor que o normal” da parte “A” (Segunda = 1 ± 2; Sábado = 1 ± 2; p = 0,51), “pior que

o normal” da parte “B” (Segunda = 2 ± 5; Sábado = 1 ± 2; p = 0,58), “normal” da parte “B” (Segunda = 20 ± 8; Sábado = 22 ± 6; p = 0,44), “melhor que o normal” da parte “B” (Segunda = 1 ± 5; Sábado = 1 ± 4; p = 0,68).

Variabilidade da frequência cardíaca

Devido a problemas no processo de obtenção e análises dos dados, dois atletas do grupo PLA foram excluídos da análise final. A ANCOVA para medidas repetidas não apresentou efeito do tempo, grupo e interação (p > 0,05) para os índices RRMSSD, HF e LF em unidade normalizadas. Porém, foi observado efeito do tempo para as variáveis RRMédio (p = 0,043), SDNN (p = 0,001) e LF/HF (p < 0,001). Para todos os índices não foi observado efeito do grupo e interação entre grupo e tempo (TABELA 4).

TABELA 4 - Alterações na modulação autonômica cardíaca pré e pós a semana de treino para os grupos LED e PLA.

Os dados são expressos em média \pm desvio padrão.
*Momento pré adicionado na ANCOVA como covariável.
a) efeito do grupo;
b) efeito do tempo;
c) interação grupo tempo.

	LED (n = 9)		PLA (n = 9)		Efeitos		
	Segunda	Sábado	Segunda	Sábado			
RRmédio (ms)	1033,4 \pm 150,7	1056,7 \pm 114,8	962 \pm 150,8	1016,8 \pm 173,5	a = 0,949	b = 0,043	c = 0,949
SDNN (ms)	101 \pm 37,3	92,3 \pm 27,5	97,5 \pm 34,9	108,7 \pm 16,4	a = 0,112	b = 0,001	c = 0,112
RMSSD (ms)	60,8 \pm 21,1	68 \pm 2,1	53,7 \pm 21,6	76,2 \pm 30,9	a = 0,303	b = 0,326	c = 0,303
HF (nu)	38,9 \pm 10,1	44,9 \pm 15,5	31,5 \pm 21,4	30,4 \pm 19,8	a = 0,221	b = 0,070	c = 0,221
LF (nu)	61 \pm 10,2	55,1 \pm 15,5	68,5 \pm 21,3	69,5 \pm 19,8	a = 0,221	b = 0,070	c = 0,221
LF/HF	1,7 \pm 0,7	1,4 \pm 0,6	3,7 \pm 3,4	3,4 \pm 2,1	a = 0,082	b < 0,001	c = 0,082

Discussão

O principal objetivo do estudo foi verificar se a utilização da LED fototerapia com o intuito de otimização da recuperação apresentaria algum efeito positivo sobre a modulação autonômica e percepção subjetiva de estresse durante uma semana de treinamento em atletas de futebol. Não observamos efeitos da aplicação da LED fototerapia sobre os parâmetros da VFC comparado com o grupo PLA. Para os índices RRmédio, SDNN e LF/HF observamos um aumento após a semana de treino comparado com o momento pré. Além disso, o grupo LED apresentou alterações nas fontes e sintomas de estresse pré e pós a semana de uma ou duas respostas da parte "A" e "B", respectivamente.

No que diz respeito à aplicação da LED fototerapia para melhora da recuperação, CAMARGO et al.⁴⁵ mostraram que após treinamento a LED fototerapia reduziu marcadores de dano muscular e a infiltração de leucócitos em animais comparado com a crioterapia, que é um método bastante utilizado por atletas¹⁶. Da mesma forma, LEAL-JUNIOR et al.³⁶ mostram diminuição nas concentrações de lactato e CK para os participantes que receberam LED fototerapia comparados com os participantes que receberam crioterapia após exercício anaeróbico. Vale a pena ressaltar que a diminuição do lactato sanguíneo pós exercício não reflete, necessariamente, melhora na recuperação muscular, mas sim uma menor utilização do metabolismo anaeróbico ou maior clearance sanguíneo de lactato. Da mesma maneira, o significado fisiológico das alterações de CK sanguíneas como marcador de recuperação têm sido questionada⁴⁶; sendo assim, os resultados positivos reportados na literatura interpretados como potencialização da recuperação podem melhor refletir o efeito ergogênico da LED fototerapia. Apesar das limitações quanto aos marcadores utilizados esses resultados,

e outros²⁹⁻³⁶ apontam para um potencial efeito da terapia como método de recuperação para atletas de elite. Por fim, as respostas inflamatórias pós-exercício fazem parte dos mecanismos essenciais para adaptação celular; portanto, estratégias de recuperação aplicadas diariamente que diminuam a inflamação logo após exercício podem acarretar em menor adaptação ao treinamento. No entanto, a LED fototerapia, além de diminuir a inflamação (o que pode ser visto como deletério do ponto de vista da adaptação ao treinamento), também estimula vias de síntese proteica e metabolismo intracelulares que são relacionados às adaptações ao treinamento de força e aeróbico. De fato, maiores adaptações autonômicas e metabólicas muscular foram recentemente observadas para os grupos de animais que receberam fototerapia como método de recuperação diariamente após o treino de resistência³¹. Esses pontos merecem ser melhores investigados em futuros estudos envolvendo atletas.

No início do exercício há uma retirada da modulação parassimpática concomitante com um aumento na modulação simpática do coração⁴⁷. Estudos mostram que a modulação vagal de repouso permanece diminuída até 72 h após exercício dependendo da intensidade, duração e modo do exercício⁴⁸⁻⁵⁰. Essas alterações na modulação autonômica cardíaca após exercício são utilizadas para quantificar o padrão de recuperação⁵¹. Por exemplo, AL HADDAD et al.¹⁵ mostraram que sessões diárias de recuperação com crioterapia durante uma semana de treino (session-RPE ~650 a.u) levaram a alterações benéficas, ou seja aumentos no índice RMSSD, comparado com a situação controle. Nós hipotetizamos que a LED fototerapia levaria a aumentos na modulação autonômica no presente estudo possivelmente devido a diminuição sistêmica dos marcadores inflamatórios,

marcadamente das citocinas próinflamatórias²¹, as quais levam a diminuição na atividade autonômica, sobretudo vagal²⁴⁻²⁵. No entanto, não observamos efeitos da LED fototerapia no presente estudo comparada com a situação placebo.

É importante ressaltar que as cargas de treino no presente estudo (~390 a.u.) foram menores comparados com estudo recente (~650 a.u.)¹⁵, no qual aumentos na modulação autonômica foram observadas com aplicação de imersão em água fria diariamente. Embora os mecanismos de ação dos diferentes métodos de recuperação sejam diferentes limitando comparações diretas, diversos estudos sugerem que mudanças na atividade autonômica são dependentes não apenas do método de recuperação mas também da carga semanal de treino⁵². A carga de treino observada no presente estudo não foi alta o suficiente para causar diminuição nos índices de atividade vagal. De fato, a alteração na VFC durante períodos de aplicação de cargas de treinamento apresenta padrão dose/resposta em forma de “U” invertido⁵³, ou seja, aumentos na carga interna proporcionam efeitos positivos nos parâmetros parassimpáticos da VFC; no entanto, aumentos exacerbados na carga estão relacionados a diminuição desses índices. No presente estudo, observamos aumentos significativos nos índices da VFC após a semana experimental, confirmando nossa hipótese de que as baixas cargas de treinamento aos quais os atletas foram submetidos não foram suficientes para causar perturbação no sistema nervoso autônomo; portanto, o efeito de métodos de recuperação sobre esse sistema se dá durante períodos de treinamento com elevadas cargas¹⁵. Por outro lado, esses resultados podem também indicar que a LED fototerapia como método de recuperação pode não proporcionar alterações no sistema nervoso autonômico de atletas. Futuros estudos investigando os efeitos da carga semanal sobre a eficácia dos diferentes métodos de recuperação são necessários.

As alterações nas fontes e sintomas de estresse mostraram que houve uma diminuição nas respostas “pior que o normal” da parte “A” e uma diminuição nas respostas “melhor que o normal” da parte “B” para o grupo que recebeu o tratamento. MOREIRA et al.⁵⁴ mostraram que alterações na carga interna de treinamento foram relacionadas com as alterações nas respostas “pior que o normal” do DALDA. Nesse estudo, os atletas que apresentaram carga média semanal maior que 400 ua apresentaram aumento nas respostas “pior que o normal” de ambas as partes. No

entanto, os atletas que apresentaram carga semanal média menor que 400 ua não apresentaram alterações nas respostas. No presente estudo, o acúmulo médio de carga interna foi inferior a 400 ua, o que pode explicar a falta de alterações nas respostas. Por exemplo, a diminuição nas respostas “pior que o normal” da parte “A” para o grupo LED foi de 1 para 0; ao contrário foi observado uma diminuição das respostas “melhor que o normal” (5 para 4). Esses resultados podem não refletir em diferenças práticas importantes durante as etapas do treinamento.

No que diz respeito as características da terapia aplicada para o grupo LED, nós utilizamos parâmetros de irradiação semelhantes aos utilizados por LEAL JUNIOR et al.³⁶, que utilizaram doses de 41,7 e 30 J por região muscular, respectivamente. Nesse estudo, os autores encontram aumento no desempenho e reduzido acúmulo de CK quando a LED fototerapia foi utilizada previamente ao exercício. Nós aplicamos um comprimento de onda de 940 nm devido ao fato de que maiores comprimentos de onda penetram com maior profundidade no tecido muscular⁵⁵. Prévios estudos mostraram que esse comprimento de onda após exercício intenso em modelos animais foi capaz de diminuir dano muscular e os processos inflamatórios que ocorrem após exercício intenso^{45, 56}.

As limitações do presente estudo foram o número pequeno de participantes o qual talvez tenha limitado o poder das análises estatísticas; a falta de medidas diretas da carga externa, como por exemplo, a distância em alta intensidade durante os treinos coletivos e o amistoso (TABELA 2); e a falta de medidas de desempenho ao final da semana de treino. A investigação de equipes esportivas competindo na primeira divisão do campeonato estadual nos limitou a um pequeno número de participantes, os quais foram disponibilizados pela equipe. Tal limitação foi contrabalanceada pela alta validade ecológica do presente estudo. Essas limitações impossibilitam maiores inferências da utilidade da LED fototerapia no contexto do treinamento esportivo. Futuros estudos são necessário para clarificar os possíveis efeitos do tratamento sobre a carga externa e o desempenho durante microciclos com alta ou baixa carga de treinamento.

Ao analisar os resultados que encontramos no presente estudo concluímos que a LED fototerapia usada diariamente como método de recuperação não levou a alterações na modulação vagal e estresse percebido de jogadores de futebol de alto nível.

Abstract

Effects of light-emitting diodes phototherapy on autonomic modulation of footballers

The aim of the study was to analyze the effects of LED therapy during a training week on parasympathetic modulation and perceived stress in football players. Eighteen soccer players participated in this study (Age: 21.2 ± 2.6 years; Body mass: 73 ± 7.2 kg; Stature: 178.0 ± 6.2 cm). Pre and post one training week rest heart rate and subjective perceived stress through daily analysis of life demands for athletes (DALDA) questionnaire was obtained. During this week the athletes were randomized in two groups: LED phototherapy (LED) and placebo (PLA). The treatment with LED phototherapy was applied on four points in lower limbs on quadriceps and hamstring muscles every day after the last training session. The treatment was performed in a double-blind fashion. ANCOVA with repeated measures was applied to check the effects of treatment on autonomic modulation. The training performed by both groups was similar regarding intensity and duration. Likewise, there was no difference between groups for the internal load. We observed a time effect for the parameters mean RR intervals (RR_{médio} - LED: pre = 1033.4 ± 150.7 ms post = 1056.7 ± 114.8 ms; PLA: pre = 962 ± 150.8 ms post = 1016.8 ± 173.5 ms), standard deviation of the mean RR intervals (SDNN - LED: pre = 101 ± 37.3 ms post = 92.3 ± 27.5 ms; PLA: pre = 97.5 ± 34.9 ms post = 108.7 ± 16.4 ms), e low and high frequency ratio (LF/HF- LED: pre = 1.7 ± 0.7 post = 1.4 ± 0.6 ; PLA: pre = 3.7 ± 3.4 post = 3.4 ± 2.1) for both groups. Furthermore, there were small changes in the sources (pre = 1 ± 1 ; post = 0 ± 1) and symptoms ('better than normal' pre = 5 ± 1 ; post = 4 ± 4 ; 'normal' pre = 19 ± 7 ; post = 21 ± 3) of DALDA for LED group. The LED phototherapy did not affect the autonomic modulation, but led to small changes in the perceived stress.

KEYWORDS: Recovery; Stress; Internal load.

Referências

1. Kentta G, Hassmen, P. Overtraining and recovery: a conceptual model. *Sports Med.* 1998;26:1-16.
2. Kellmann M. Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20:95-102.
3. Armstrong LE, Vanheest JL. The unknown mechanism of the overtraining syndrome: clues from depression and psychoneuroimmunology. *Sports Med.* 2002;32:185-209.
4. Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora SM. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci.* 2005; 23:583-92.
5. Viru A. The mechanism of training effects: a hypothesis. *Int J Sports Med.* 1984;5:219-27.
6. Buchheit M, Simon C, Piquard F, Ehrhart J, Brandenberger G. Effects of increased training load on vagal-related indexes of heart rate variability: a novel sleep approach. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004;287:H2813-18.
7. Pichot V, et al. Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:1660-1666.
8. Pichot V, et al. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:1729-1736.
9. Moreira A, Nakamura FY, Cavazzoni PB, Gomes JH, Martignano P. O efeito da intensificação do treinamento na percepção de esforço da sessão e nas fontes e sintomas de estresse em jogadores jovens de basquetebol. *R Educ Fís/ UEM.* 2010;21:287-96.
10. Kellmann M, Gunther KD. Changes in stress and recovery in elite rowers during preparation for the Olympic Games. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:676-83.
11. Coutts A, Reaburn P, Piva TJ, Murphy A. Changes in selected biochemical, muscular strength, power, and endurance measures during deliberate overreaching and tapering in rugby league players. *Int J Sports Med.* 2007;28:116-24.
12. Task-Force. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur Heart J.* 1996;17:354-81.

13. Buchheit M, Peiffer JJ, Abbiss CR, Laursen PB. Effect of cold water immersion on postexercise parasympathetic reactivation. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2009;296:H421-7.
14. Bleakley CM, Davison GW. What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A systematic review. *Br J Sports Med*. 2012;44:179-87.
15. Al Haddad H, Laursen PB, Ahmaidi S, Buchheit M. Nocturnal heart rate variability following supramaximal intermittent exercise. *Int J Sports Physiol Perform*. 2008;4:435-47.
16. Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Front Physiol*. 2014;5:1-19.
17. Barnett, A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? *Sports Med*. 2006;36:781-96.
18. Pastre CM, Bastos FN, Netto Júnior J, Vanderlei LCM, Hoshi RA. Métodos de recuperação pós-exercício: uma revisão sistemática. *Rev Bras Med Esporte*. 2009;2:138-144.
19. Hayworth CR, Rojas JC, Padilla E, Holmes GM, Sheridan EC, Gonzalez-Lima F. In vivo low-level light therapy increases cytochrome oxidase in skeletal muscle. *Photochem Photobiol*. 2010;86:673-80.
20. Lim W, et al. The anti-inflammatory mechanism of 635 nm light-emitting-diode irradiation compared with existing COX inhibitors. *Lasers Surg Med*. 2007;39:614-21.
21. Choi H, et al. Inflammatory cytokines are suppressed by light-emitting diode irradiation of *P. gingivalis* LPS-treated human gingival fibroblasts: inflammatory cytokine changes by LED irradiation. *Lasers Med Sci*. 2012;27:459-67.
22. Pires D, Xavier M, Araújo T, Silva Júnior JA, Aimbire F, Albertini R. Low-level laser therapy (LLLT; 780 nm) acts differently on mRNA expression of anti- and pro-inflammatory mediators in an experimental model of collagenase-induced tendinitis in rat. *Lasers Med Sci*. 2011;26:85-94.
23. De Marchi T, Leal Junior EC, Bortoli C, Tomazoni SS, Lopes-Martins RA, Salvador M. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. *Lasers Med Sci*. 2012;27:231-36.
24. Thayer JF. Vagal tone and the inflammatory reflex. *Cleve Clin J Med*. 2009;2:S23-6.
25. Haensel A, Mills PJ, Nelesen RA, Ziegler MG, Dimsdale JE. The relationship between heart rate variability and inflammatory markers in cardiovascular diseases. *Psychoneuroendocrinology*. 2008;33:1305-12.
26. Main LC, Dawson B, Grove JR, Landers GJ, Goodman C. Impact of training on changes in perceived stress and cytokine production. *Res Sports Med*. 2009;17:121-32.
27. Main LC, Dawson B, Heel K, Grove JR, Landers GJ, Goodman C. Relationship between inflammatory cytokines and self-report measures of training overload. *Res Sports Med*. 2010;18:127-39.
28. Leal Junior EC, et al. Effect of cluster multi-diode light emitting diode therapy (LEDT) on exercise-induced skeletal muscle fatigue and skeletal muscle recovery in humans. *Lasers Surg Med*. 2009;41:572-7.
29. Baroni BM, Leal Junior EC, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110:789-96.
30. De Almeida P, et al. Low-level laser therapy improves skeletal muscle performance, decreases skeletal muscle damage and modulates mRNA expression of COX-1 and COX-2 in a dose-dependent manner. *Photochem Photobiol*. 2011;87:1159-63.
31. Paolillo FR, Arena R, Dutra DB, et al. Low-level laser therapy associated with high intensity resistance training on cardiac autonomic control of heart rate and skeletal muscle remodeling in wistar rats. *Lasers Surg Med*. 2014; 46:796-803.
32. Baroni BM, Leal Junior EC, Geremia JM, Diefenthaler F, Vaz MA. Effect of light-emitting diodes therapy (LEDT) on knee extensor muscle fatigue. *Photomed Laser Surg*. 2010;28:653-8.
33. De Almeida P, et al. Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better? *Lasers Med Sci*. 2012;27:453-58.
34. Leal Junior EC, et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers Med Sci*. 2009;24:857-63.
35. Leal Junior EC, et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Photomed Laser Surg*. 2008;26:419-24.
36. Leal Junior EC, et al. Comparison between cold water immersion therapy (CWIT) and light emitting diode therapy (LEDT) in short-term skeletal muscle recovery after high-intensity exercise in athletes--preliminary results. *Lasers Med Sci*. 2011;26:493-501.
37. Foster C, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*. 2001;15:109-15.
38. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign: Human Kinetics; 1998.
39. Pedro RE, Oliveira RS, Vasconcelos PSS, Pires Junior R, Milanez VF. Temporal effect on the response of subjective

- perceived exertion. *Rev Bras Med Esporte*. 2014;20:350-3.
40. Nakamura FY, Moreira A, Aoki MS. Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável? *R Educ Fís/UEM*. 2010;21:1-11.
41. Moreira A, Cavazzoni PB. Monitorando o treinamento através do wisconsin upper respiratory symptom survey -21 e Daily Analysis of Life Demands in Athletes nas versões em língua portuguesa. *R Educ Fís/UEM*. 2009;20:109-19.
42. Yamamoto Y, Hughson RL, Peterson JC. Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. *J Appl Physiol*. 1991;71:1136-42.
43. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy ME. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2009;24:205-17.
44. Hopkins WG. A new view of statistics [Internet]. 2002 - [citado 2014]. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html> www.sportsci.org/stat.
45. Camargo MZ, et al. Effects of light emitting diode (LED) therapy and cold water immersion therapy on exercise-induced muscle damage in rats. *Lasers Med Sci*. 2012;27:1051-8.
46. Koch AJ, Pereira R, Machado M. The creatine kinase response to resistance exercise. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2014;14:68-77.
47. Perandini LAB, Chimin P, Okuno NM, Lima JRP, Buchheit M, Nakamura FY. Parasympathetic withdrawal during 30-15 Intermittent Fitness Test correlates with its' maximal running speed. *J Exerc Physiol Online*. 2009;12:29-39.
48. Buchheit M, Laursen PB, Ahmaidi, S. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2007;293:H133-41.
49. Nakamura FY, Soares-Caldeira LF, Laursen PB, Polito MD, Leme LC, Buchheit M. Cardiac autonomic responses to repeated shuttle sprints. *Int J Sports Med*. 2009;30:808-13.
50. Oliveira RS, et al. Acute cardiac autonomic responses after a bout of resistance exercise. *Sci Sport*. 2012;27:357-64.
51. Bastos FN, et al. Effects of cold water immersion and active recovery on post-exercise heart rate variability. *Int J Sports Med*. 2012;33:873-9.
52. Oliveira RS, Leicht AS, Bishop D, Barbero-Álvarez JC, Nakamura FY. Seasonal changes in physical performance and heart rate variability in high level futsal players. *Int J Sports Med*. 2013;34:424-40.
53. Manzi V, et al. Dose-response relationship of autonomic nervous system responses to individualized training impulse in marathon runners. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2009;296:H1733-40.
54. Moreira A, Freitas CG, Nakamura FY, Aoki MS. Percepção de esforço da sessão ea tolerância ao estresse em jovens atletas de voleibol e basquetebol. *Rev Bras Cineantrop Desempenho Hum*. 2010;12:345-51.
55. Enwemeka CS. Attenuation and penetration of visible 632.8 nm and invisible infra-red 904 nm light in soft tissue. *Laser Ther*. 2001;13:95-101.
56. Da Costa Santos VB, et al. LED therapy or cryotherapy between exercise intervals in Wistar rats: anti-inflammatory and ergogenic effects. *Lasers Med Sci*. 2014;29:599-605.

ENDEREÇO

Ricardo Santos Oliveira
College of Life and Environmental Sciences
University of Exeter
St Luke's Campus
Heavitree Road Exeter
Exeter EX1 2LU
United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
e-mail: rsobaskt@yahoo.com.br

Recebido para publicação: 30/09/2014

1a. Revisão: 12/01/2015

2a. Revisão: 27/07/2015

3a. Revisão: 22/09/2015

Aceito: 09/10/2015