



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

LILIAN KEILA BARAZETTI

**ANÁLISE DA CARGA INTERNA, INTENSIDADE DE JOGO E
EFEITO DA FOTOTERAPIA NA PERFORMANCE DE
ATLETAS DE BADMINTON DE ELITE**

Londrina
2019

LILIAN KEILA BARAZETTI

**ANÁLISE DA CARGA INTERNA, INTENSIDADE DE JOGO E
EFEITO DA FOTOTERAPIA NA PERFORMANCE DE
ATLETAS DE BADMINTON DE ELITE**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física Associado UEM-UEL da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Orientadora: Profa. Dra. Solange de Paula Ramos

Londrina
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Barazetti, Lilian Keila.

Análise da carga interna, intensidade de jogo e efeito da fototerapia na performance de atletas de badminton de elite / Lilian Keila Barazetti. - Londrina, 2019.
104 f. : il.

Orientador: Solange de Paula Ramos.

Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Terapia com luz de baixa intensidade - Tese. 2. Esportes de raquete - Tese. 3. Performance Esportiva - Tese. 4. Frequência cardíaca - Tese. I. de Paula Ramos, Solange. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

LILIAN KEILA BARAZETTI

**ANÁLISE DA CARGA INTERNA, INTENSIDADE DE JOGO E EFEITO
DA FOTOTERAPIA NA PERFORMANCE DE ATLETAS DE
BADMINTON DE ELITE**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física Associado UEM-UEL da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Educação Física.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Solange de Paula
Ramos
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Gustavo Ribeiro da Mota
Universidade Federal do Triângulo Mineiro –
UFTM

Prof. Dr. Fernando Kenji Nampo
Universidade Federal da Integração Latino-
Americana – UNILA

Prof. Dr. Nilo Massaru Okuno
Universidade Estadual de Ponta Grossa –
UEPG

Prof. Dr. Inara Marques
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 18 de abril de 2019.

Dedico este trabalho a meus pais, Zoldir Barazetti e Ozilda da Silva Barazetti, meus primeiros e eternos professores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pelas bênçãos e graças em mais esta importante etapa, e por colocar tantos anjos em minha vida sempre prontos a me ajudar.

A minha orientadora, Profa Dra Solange de Paula Ramos que abraçou este projeto comigo e aceitou me conduzir por esta caminhada tão importante de minha formação. Sol, você foi realmente um raio de luz em minha vida. Não tenho palavras suficientes para dizer o quanto sou grata por todos os ensinamentos e aprendizados.

Meu agradecimento especial aos membros da minha banca de qualificação e defesa, Prof. Dr Fernando Nampo, Prof. Dr Nilo Okuno, Prof. Dr Leandro Altimari, Prof. Dr Alessandro Zagatto, Profa Dra Flávia Guarnier, Profa Dra Inara Marques e Prof. Dr Gustavo Motta, por todas as observações, questionamentos e apontamentos que enriqueceram ainda mais esse estudo. Me sinto privilegiada e muito grata.

A meus pais pelo apoio incondicional de sempre. Meus exemplos de caráter, retidão e amor ao próximo. Mamãe, obrigada por toda luta e superação, não posso imaginar esse momento sem você aqui. Papai, meu herói desde sempre, obrigada por nos amar tão profundamente e por cuidar tanto dessa minha mãe. Vocês são a razão maior desse dia.

A Grace Farias, um ser humano extraordinário com uma história de luta e superação incríveis e que ainda assim encontrou espaço para abraçar esse doutorado comigo. Sou abençoada demais por ter você em minha vida e jamais teria conseguido sem sua ajuda! Obrigada pela paciência, pelos cuidados e pelas doces palavras que sempre me acalmaram e me deram forças para continuar.

Meu muito obrigada a toda minha família que sempre torceu pelas minhas conquistas, em especial minha tia Cleusa Coelho que tanto me cuidou nesta vida. Quantas risadas gostosas que tornaram meus dias mais leves, seu colinho foi fundamental nesse processo. Obrigada por fazer parte da minha vida de forma tão especial e por amar e cuidar da mamãe de forma tão única. Que bom que a gente tem você!

Meus queridos amigos do Gerart – Grupo de Estudos em Regeneração, Adaptação e Reparo Tecidual, em especial Susana Padoin, Aline Zeffa, Jéssica Montovani, Talyta Duarte, Júlio Molina, Eduardo Tonani, Tarlyson Regioli, Karina Alves, Rubens Batista Jr, Bruno Vasconcellos e Raíssa Fernandes que abraçaram

esse estudo comigo, deixaram a tranquilidade de seu lares para me auxiliar nas diversas etapas desse estudo, seja em coletas ou durante as análises das amostras, muito obrigada!

Meu agradecimento especial a Susana Padoin, que me auxiliou de forma especial em várias fases do meu estudo. Não tenho palavras para agradecer toda sua ajuda. Obrigada de coração.

Aos colegas e alunos do Ladesp/ Unioeste, Prof. Dr Lucinar Flores, Profa Dra Larrissa Rosa, Fernando Campos, Pedro Varoni, Michelli Demarchi, Júlia Weizenmann e Cassiane Lui, sempre prontos a me ajudar e a colaborar tornando esse processo “menos difícil”. Uma “mão” nas coletas, um café no laboratório, um bolo para adoçar os dados amargos da tese ou apenas um “vai dar certo Profe, fica tranquila” como foi bom ter vocês comigo! Muito obrigada!

Meu mais profundo agradecimento aos atletas Alisson Vasconcellos, Rafael Faria, Vinícius Alecrim, Felipe Camargo, Eduardo Vaz, William Guimarães, Felipe Faria e Vinícius Eduardo da Silva que aceitaram participar das diferentes fases e coletas de meus estudos de doutorado, e em especial, ao Prof. Valdecir Anacleto que abriu as portas e permitiu as mais diversas intervenções nos dois anos de parceria.

Meu agradecimento as equipes de badminton participantes desse estudo, Associação Amigos do Badminton (Toledo, Paraná, Brasil), Centro de Formação e Excelência em Badminton Murialdo (CFEB Murialdo, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil), Associação Miratus de Badminton (Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil), Badminton Blumenau Clube (Blumenau, Santa Catarina, Brasil), Santa Mônica Clube de Campo (Curitiba, Paraná, Brasil), Ibirama Badminton (Ibirama, Santa Catarina, Brasil) e a Confederação Brasileira de Badminton por todo auxílio.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM/UEL pela oportunidade de cursar meu doutorado em Londrina, cidade que me acolheu durante longos anos.

Agradeço também a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPQ) pelo apoio financeiro a esse estudo.

*“Não é sobre chegar no topo do mundo e saber que venceu,
é sobre escalar e sentir que o caminho te fortaleceu”.*

(Trem Bala – Ana Vilela).

BARAZETTI, Lilian Keila. **Análise da carga interna, intensidade de jogo e efeito da fototerapia na performance de atletas de badminton de elite.** 2019. 104 f. Tese (Doutorado em Educação Física UEM/UEL) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

RESUMO

O Badminton é um esporte de raquete, amplamente praticado ao redor do mundo e que compõe o programa olímpico, desde os Jogos de Barcelona, em 1992. Apesar da grande popularidade da modalidade, não há informações sobre os efeitos causados pelo sistema de competição com jogos consecutivos, sobre o desempenho dos atletas. Além disso recursos ergogênicos também não foram investigados em condições competitivas, até o presente momento, assim como não foram identificadas algumas demandas fisiológicas da modalidade no atual sistema de pontuação. Nesse sentido, o primeiro objetivo do presente estudo foi descrever a carga interna de esforço baseada nas zonas de frequência cardíaca (FC), em jogos individuais e em duplas, de atletas masculinos de Badminton nas categorias sub-17, sub-19 e adulto. O segundo objetivo foi avaliar os efeitos da fototerapia, como recurso ergogênico sobre o desempenho muscular durante uma competição oficial. O trabalho foi dividido em dois estudos realizados durante a primeira Etapa do Campeonato Nacional de Badminton de 2018. No estudo 1, vinte e seis atletas foram monitorados para análise da FC em jogo, durante a competição. Foram realizadas 92 análises em 69 jogos nas modalidades simples e duplas, nos quais foram identificadas a FC média, FC máxima (FC_{máx}), quantificação da carga de jogo por meio do impulso de treinamento (TRIMP) de Edwards e Percepção Subjetiva do Esforço (PSE). No estudo 2, vinte e nove atletas foram pareados pela classificação oficial da Confederação Brasileira de Badminton, e aleatoriamente alocados para a intervenção com fototerapia com diodos emissores de luz (LEDT) (630nm) ou Controle. A fototerapia foi aplicada diariamente, antes do primeiro jogo de cada atleta, nos 4 dias do torneio. Foram irradiados 31 pontos, em membros inferiores e superior dominante, com uma densidade de energia de 4,6 J/cm². Os atletas foram submetidos aos testes de saltos verticais com agachamento (SVA) e com contramovimento (SVC) e força de preensão manual (FPM) imediatamente antes e após todos os jogos da competição. Os resultados do estudo 1 demonstraram que a FC média, FC_{máx} e o TRIMP foram maiores nos confrontos realizados em modalidade simples em relação à de duplas (P<0.05), em diferentes categorias (sub-17, sub-19 e adulta). Os atletas que jogaram na modalidade simples, permaneceram mais tempo de jogo acima de 80% da FC_{máx}, enquanto nos jogos de dupla, entre 50 a 79% da FC_{máx}. A intensidade dos jogos apresentou associação com a classificação do jogador, idade, número de sets por jogo, dias consecutivos de competição, FC_{máx} e tempo de jogo. Os resultados demonstram que os atletas são expostos a esforços de alta intensidade durante a competição. O estudo 2 demonstrou que após 3 ou mais jogos sucessivos diários, foi observada uma interação (P<0.05) da fototerapia com o desempenho no SVA e FPM, apresentando menor perda de rendimento. Concluímos que o desempenho do SVA e FPM melhorou ao longo dos jogos sucessivos sugerindo que a fototerapia pode ter efeitos ergogênicos em atletas de Badminton durante situação competitiva.

Palavras-chave: Frequência cardíaca. Terapia com luz de baixa intensidade. Performance esportiva. Esportes com raquete.

BARAZETTI, Lilian Keila. **Internal load analysis, game intensity and Phototherapy effects on the performance of elite badminton athletes.** 2019. 104 p. Thesis (Doctorate in Physical Education UEM/UEL) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

ABSTRACT

Badminton is a racquet sport, widely practiced around the world and was included in the Olympic program since the Games of Barcelona, in 1992. Despite its great popularity, there is no information regarding the effects caused by the system of competition with consecutive games and, about competition on the athletes performance. In addition, ergogenic resources were not investigated under competitive conditions until the present moment, as well as some physiological demands of the modality were not identified in the current scoring system. In this sense, the first objective of the present study was to describe the athletes' internal loads based on the heart rate zones of cardiac frequency, in single and double games modalities, of male Badminton athletes in the U-17, U-19 and adult categories. The second objective was to evaluate the effects of phototherapy, an ergogenic method, on muscular performance during an official competition. The study was divided into two studies conducted during the first of the National Badminton Championship of 2018. In study 1, twenty-six athletes were monitored for heart rate (HR) analysis at play during the competition. A total of 92 analyzes were performed in 69 games in the single and double modalities, in which mean HR, maximal HR (HRmax), quantification of the game load were identified through Edwards' training impulse (TRIMP) and Rate of Perceived Exertion (RPE). In study 2, twenty-nine athletes were matched by the official ranking of the Brazilian Confederation of Badminton, and randomly assigned to the intervention with phototherapy with light emitting diodes (LEDT) (630nm) or control. Phototherapy was applied daily, before the first game of each athlete, in the 4 days of the tournament. Seventeen points were irradiated in lower limbs and dominant shoulder, with an energy density of 4.6 J/cm². The athletes were submitted to squat jumps (SJ) and countermovement jump (CMJ) and handgrip (HG) tests immediately before and after all games. The results of study 1 showed that the mean HR, HRmax and TRIMP were higher in the single-versus-doubles ($P < 0.05$), and different categories (U-17, U-19 and adult). The athletes who played in the single modality stayed longer above 80% of HRmax, while in doubles games, between 50 and 79% of HRmax. The intensity of the games was associated with the player's classification, age, number of sets per game, consecutive days of competition, HRmax and playing time. The results demonstrate that athletes are exposed to high intensity efforts during the competition. Study 2 demonstrated that after 3 or more successive daily games, an interaction ($P < 0.05$) of the phototherapy with the performance in the SJ and HG was observed, presenting a lower yield loss. We conclude that the performance of SJ and HG has improved over successive games suggesting that phototherapy may have ergogenic effects on Badminton athletes during a competitive situation.

Key words: Heart rate. Low-level light therapy. Sporting performance. Racquet sports..

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Esquema de distribuição dos atletas nos dias de competição durante o Campeonato Nacional de Badminton..... | 28 |
| Figura 2 – Pontos de aplicação (círculos pretos) da LEDT | 29 |
| Figura 3 – Percentual de tempo de jogo em diferentes zonas de Frequência Cardíaca, em jogos das modalidades simples e duplas..... | 39 |
| Figura 4 – Mediana da porcentagem de tempo em permanência em diferentes zonas de intensidade de frequência cardíaca em jogos simples e duplas masculino de Badminton em diferentes faixas etárias | 43 |
| Figura 5 – Carga interna pelo método PSE (a) e método TRIMP de Edwards (b) nos jogos realizados em diferentes dias de competição..... | 44 |
| Figura 6 – Esquema de distribuição dos atletas pelos dias de competição durante o Campeonato Nacional de Badminton..... | 54 |
| Figura 7 – Pontos de aplicação (círculos pretos) usados para a LEDT..... | 55 |
| Figura 8 – Média \pm desvio-padrão da altura do salto vertical com agachamento em atletas de Badminton que jogaram um único jogo (a), dois jogos (b) e três ou mais jogos (c) por dia de competição..... | 58 |
| Figura 9 – Média \pm desvio-padrão da altura do salto vertical com contramovimento em atletas de Badminton que jogaram um único jogo (a), dois jogos (b) e três ou mais jogos (c) por dia de competição..... | 59 |
| Figura 10 – Média \pm desvio-padrão da força de preensão manual em atletas de Badminton que jogaram um único jogo (a), dois jogos (b) e três ou mais jogos (c) por dia de competição..... | 60 |

LISTA DE TABELAS

| | | | |
|-----------------|---|--|----|
| Tabela 1 | – | Parâmetros do equipamento para a aplicação da LEDT | 29 |
| Tabela 2 | – | Duração de jogo e carga interna em jogos de Badminton da modalidade simples masculina e dupla masculina..... | 39 |
| Tabela 3 | – | Análise de regressão linear multivariada da PSE e variáveis do estudo (n=92) | 40 |
| Tabela 4 | – | Análise de regressão linear multivariada da FC média e variáveis do estudo (n=92)..... | 41 |
| Tabela 5 | – | Análise de regressão linear multivariada do TRIMP e variáveis do estudo (n=92) | 41 |
| Tabela 6 | – | Descrição da duração de jogo, frequência cardíaca média e máxima e TRIMP nas modalidades simples e duplas das categorias Sub-17, Sub-19 e Adulta | 42 |
| Tabela 7 | – | Características dos atletas e número de partidas analisadas por dia | 57 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|--|
| ATP | Adenosina Trifosfato |
| Cco | Citocromo c Oxidase |
| CK | Creatina Quinase |
| DMIE | Dano Muscular Induzido pelo Exercício |
| DMIT | Dor Muscular de Início Tardio |
| FC | Frequência Cardíaca |
| FCmáx | Frequência Cardíaca Máxima |
| FC média | Frequência Cardíaca Média |
| FPM | Força de Preensão Manual |
| LASER | Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação |
| LED | Diodos Emissores de Luz |
| LEDT | Fototerapia com Diodos Emissores de Luz |
| PSE | Percepção Subjetiva de Esforço |
| SVA | Salto Vertical com Agachamento |
| SVC | Salto Contramovimento |
| TRIMP | Impulso de Treinamento |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. OBJETIVOS | 23 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS | 24 |
| 3.1 ESTUDO 1 | 24 |
| 3.2 ESTUDO 2 | 26 |
| 4. RESULTADOS | 32 |
| 4.1 ARTIGO 1 | 32 |
| 4.2 ARTIGO 2 | 49 |
| 5. CONCLUSÕES | 64 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 65 |
| APÊNDICES | 77 |
| APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – Atletas maiores de 18 anos | 78 |
| APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – Atletas menores de 18 anos | 80 |
| APÊNDICE C – Artigo suplementar submetido a publicação | 82 |
| ANEXOS | 102 |
| ANEXO A – Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos..... | 103 |

1. INTRODUÇÃO

O Badminton é um dos esportes mais populares da atualidade, com uma estimativa de mais de 200 milhões de praticantes ao redor do mundo (BWF, 2018). A modalidade foi inserida nos Jogos Olímpicos de 1992, em Barcelona, o que aumentou o interesse do público e de novos praticantes (KWAN *et al.*, 2010). O Badminton é um esporte de raquete *indoor*, jogado na modalidade simples (individual) ou duplas, no qual os jogadores tomam posições em metades opostas de uma quadra de 13,40 m de comprimento e largura de 5,18 m (simples) (ABIAN-VICEN *et al.*, 2014) ou 6,10 m (duplas), com o objetivo de lançar uma peteca sobre a rede, no solo do campo adversário (CBBd, 2019).

Após a inclusão do Badminton como esporte olímpico, ocorreram várias mudanças nas regras oficiais, no intuito de torná-lo mais dinâmico e atraente para a mídia (OOI *et al.*, 2009). O sistema de pontuação foi a principal alteração, sendo que no modelo tradicional o ponto era obtido apenas quando conquistado pelo atleta que havia efetuado o serviço (saque) (CHEN e CHEN, 2008). Em 2006, foi estabelecido o sistema atual que tornou o Badminton um jogo mais veloz e intenso, uma vez que, a cada *rally*, um ponto passou a ser disputado indiferentemente de qual atleta efetuou o serviço (BRAHMS, 2014). Isto reduziu a duração da partida e os jogadores passaram a se deslocar mais rapidamente e atacar com mais frequência durante todo o tempo de jogo (CHEN e CHEN, 2008; MING, KEONG e GOSH, 2008; LAFFAYE, PHOMSOUPHA e DOR, 2015).

As partidas são disputadas em até três *sets* de 21 pontos que são contabilizados de forma contínua, tanto na modalidade simples quanto na dupla (BWF, 2019). Para vencer o *set*, o atleta ou dupla, precisa obter uma vantagem de 2 pontos sobre o adversário em uma contagem de até, no máximo, 30 pontos (ABIÁN-VICÉN, SÁNCHEZ e ABIÁN, 2018). Ao término de cada *set* ocorre um intervalo de 2 minutos e quando são alcançados os primeiros 11 pontos de um jogador ou dupla, um intervalo de um minuto é realizado no *set*. Vence a partida quem obtiver vitória em dois *sets* (CHEN e CHEN, 2008; BRAHMS, 2014).

Abdullahi, Coetzee e Van Den Berg (2017) pesquisaram o tempo de jogo durante vários campeonatos africanos na modalidade simples masculina e encontraram uma média de tempo de jogo de $35,31 \pm 14,40$ minutos. Ábian *et al.* (2014) em um estudo com atletas de elite, homens e mulheres, durante o Campeonato

Nacional Espanhol, encontraram uma média de tempo de duração das partidas de $34,61 \pm 8,41$ minutos na segunda rodada da competição e de $41,38 \pm 15,90$ minutos nas partidas das quartas de final.

Recentemente, Chiminazzo et al. (2018) investigaram o tempo de jogo na categoria simples masculino, durante os Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro, em 2016. Os autores encontraram um tempo médio de jogo de $45,75 \pm 18,93$ minutos na fase de grupos e $57,73 \pm 18,93$ minutos na fase de *play-offs*, apontando um aumento do tempo total de jogo com o avanço da competição. Para a modalidade de duplas masculinas Abián-Vicén, Sánchez e Abián (2018), encontraram na mesma competição, uma média de duração das partidas de $65,00 \pm 14,98$ minutos.

Cabe ressaltar que o Badminton é um esporte de torneio, que inclui várias rodadas de jogos em sucessão (ABIÁN *et al.*, 2014), podendo aumentar significativamente o tempo em que os atletas permanecem em atividade durante o dia. Além disso, competições oficiais da modalidade são realizadas entre 4 e 5 dias consecutivos, nos quais os atletas podem disputar várias partidas diárias quando forem bem-sucedidos (ABIAN-VICEN *et al.*, 2014). Portanto, o tempo acumulado de jogo, em partidas consecutivas realizadas no mesmo dia, ou a fadiga acumulada em dias sucessivos de competição, podem impor grande demanda fisiológica sobre os atletas, fadiga e queda de rendimento ou risco de dano muscular induzido pelo exercício (DMIE). Também deve ser levado em consideração que as possibilidades de ações são muitas, revelando a complexidade do esporte que envolve saltos, mudanças de direção e movimentos rápidos do braço, em uma ampla variação de posturas corporais, com o objetivo de golpear de forma efetiva a peteca para a quadra adversária (CABELLO MANRIQUE e GONZÁLEZ-BADILLO, 2003; GHOSH, 2008; LAFFAYE, PHOMSOUHPHA e DOR, 2015). Em uma partida típica de atletas de elite, com duração de aproximadamente 40 minutos, o tempo médio de um *rally* é de 10 segundos envolvendo várias mudanças de direção com um tempo médio de repouso de 25 segundos (ABIAN-VICEN *et al.*, 2014; PATERSON, MCMASTER e CRONIN, 2016). Esta dinâmica competitiva aponta para uma alta exigência fisiológica das partidas, com uma frequência cardíaca (FC) média superior a 90% da frequência cardíaca máxima (FC_{máx}) do jogador (PHOMSOUHPHA e LAFFAYE, 2015).

Estudos realizados após as mudanças nas regras de jogo avaliaram a FC de jogo, a fim de identificar as exigências fisiológicas atuais dos jogadores de Badminton (FERNANDEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2013; ABIAN *et al.*, 2015b; BISSCHOFF,

COETZEE e ESCO, 2016; ABDULLAHI, COETZEE e VAN DEN BERG, 2017). O monitoramento da FC durante a competição pode fornecer informações úteis sobre o metabolismo solicitado nas tarefas realizadas em esportes intermitentes (DENADAI *et al.*, 2005; GOMES *et al.*, 2011). Além disso, permite que as intensidades de exercício sejam quantificadas e programas de treinamento possam ser apropriadamente estabelecidos com base em evidências objetivas sobre as respostas internas individuais dos atletas (FAUDE *et al.*, 2007; ALCOCK e CABLE, 2009; BERKELMANS *et al.*, 2017).

Abdullahi, Coetzee e Van Den Berg (2017) identificaram pela medida da FC que em $54,14 \pm 24,51\%$ do tempo de jogo ($18,82 \pm 11,02$ minutos), os atletas permanecem em alta intensidade ($>80,1\%$ da FC_{máx}) em jogos da modalidade simples masculina. Os autores também identificaram que em $35,19 \pm 18,99\%$ do tempo de jogo ($12,20 \pm 8,01$ minutos) os atletas mantiveram níveis de intensidade média ($60,1-80\%$ da FC_{máx}), e em relação a baixa intensidade ($<60\%$ da FC_{máx}), o tempo de permanência foi de apenas $10,67 \pm 12,51\%$ do tempo total do jogo ($4,01 \pm 5,05$ minutos). Alcock e Cable (2009) também encontraram uma dinâmica similar da FC, no sistema antigo de pontuação. Os autores identificaram que em 40% do tempo de jogo os atletas permaneceram em intensidade que variou de 80,1 – 90% da FC_{máx} e durante 50% do tempo de jogo os valores obtidos apontaram para uma intensidade de 90,1-100% da FC_{máx}. Em relação a FC média de jogo outros estudos também encontraram valores consideravelmente altos nas categorias de elite com valores entre 80% a 85% da FC_{máx} dos atletas, demonstrando uma demanda significativa do sistema anaeróbico (ABIAN *et al.*, 2015b; BISSCHOFF, COETZEE e ESCO, 2016; ABDULLAHI, COETZEE e VAN DEN BERG, 2017).

Cabe ressaltar que embora o monitoramento das respostas da FC possa oferecer uma estimativa indireta das demandas metabólicas do jogo (RAMPICHINI *et al.*, 2018), os valores de FC podem ser influenciados por diferentes fatores, dentre eles o estresse pré-competitivo que poderia desencadear uma maior resposta adrenérgica resultando em uma resposta aumentada da atividade simpática (CERVANTES BLÁSQUEZ, FONT e CAPDEVILA ORTÍS, 2009). Nesse sentido algumas investigações incluíram análises de lactato sanguíneo e percepção subjetiva de esforço (PSE) com o monitoramento da FC, afim de elucidar as respostas fisiológicas do Badminton. Fernandes-Fernandez *et al.* (2013) identificaram um aumento do lactato sanguíneo e da PSE com a realização de jogos sucessivos. Em

pesquisa com jovens atletas, os autores encontraram valores de lactato sanguíneo de $2,4 \pm 1,3 \text{ mmol.L}^{-1}$, PSE de $14 \pm 1,8 \text{ U.A.}$ e FC média de $89,8 \pm 3,9\%$ da FCmáx no primeiro jogo, $4,1 \pm 3,1 \text{ mmol.L}^{-1}$, PSE $15,2 \pm 1,8 \text{ U.A.}$ e FC média de $90,8 \pm 5,1\%$ da FCmáx no segundo jogo e $4,2 \pm 4,4 \text{ mmol.L}^{-1}$, PSE $16,3 \pm 2,8 \text{ U.A.}$ e FC média de $93,0 \pm 4,3\%$ da FCmáx no terceiro jogo do dia. Cabello et al. (2004) encontraram valores similares em partidas oficiais com um acúmulo de lactato sanguíneo de $3,9 \pm 2,2 \text{ mmol.L}^{-1}$ e uma FC média de $90 \pm 2,9\%$ FCmáx.

Vale lembrar que análises de lactato sanguíneo e PSE são realizadas somente após o término de uma partida, o que pode não refletir a dinâmica do jogo todo e sim apenas alguns minutos finais. Neste sentido, Ghosh (2008) investigou o estresse exercido sobre os sistemas cardiovascular e metabólico durante a realização de algumas técnicas específicas do Badminton. O autor encontrou níveis de lactato sanguíneo que variaram de $10,2 \pm 1,2 \text{ mmol.L}^{-1}$ e $12,2 \pm 2,1 \text{ mmol.L}^{-1}$, indicando uma alta demanda do metabolismo anaeróbio glicolítico.

Apesar de haver consenso na literatura existente sobre as demandas do Badminton com base na FC, em jogos da modalidade simples masculina, só foi encontrado um único estudo (ISTCHUK, 2016) que tenha identificado essas informações no sistema atual de pontuação em relação aos jogos de duplas. Istchuk (2016) avaliou o comportamento da FC durante jogos do Campeonato Paranaense nas categorias simples e duplas masculinas. A autora encontrou uma média de FC de $165,26 \pm 23,78 \text{ bpm}$ na categoria simples masculina, o que representa aproximadamente 82% da FCmáx prevista para o grupo e $141,05 \pm 26,12 \text{ bpm}$ nas duplas masculinas, representando 70% da FCmáx prevista para os atletas dessa categoria. Alcock e Cable (2009) encontraram valores similares os quais se apresentaram significativamente superiores nas partidas de simples (88,8% da FCmáx) comparadas aos obtidos em jogos de duplas (75,5% da FCmáx). Os autores sugerem que as demandas fisiológicas das modalidades simples e duplas diferem significativamente, o que tornaria o processo de treinamento específico para cada modalidade. No entanto, este estudo avaliou o sistema tradicional de pontuação, e apesar de também identificar valores superiores de FC nos jogos de simples comparados aos de duplas, as mudanças na dinâmica do jogo decorrentes do sistema de competição atual podem também ter alterado as demandas físicas em jogos de duplas.

Assim como em outros esportes de raquete, a capacidade de executar continuamente ações intermitentes de alta intensidade durante várias partidas consecutivas é essencial (PHOMSOUPHA e LAFFAYE, 2015). Alguns estudos avaliaram os efeitos de uma partida de Badminton sobre índices de desempenho (ABIAN-VICEN *et al.*, 2012; ABIAN-VICEN *et al.*, 2014) demonstrando que um único jogo não produz queda na potência de membros inferiores e diminuição na força de preensão manual (FPM) (ABIAN-VICEN *et al.*, 2012; ABIAN-VICEN *et al.*, 2014), consideradas habilidades motoras importantes para o bom desempenho dos atletas (OZMEN e AYDOGMUS, 2017). No entanto, o Badminton é um esporte de torneio, sendo que o esforço físico e a fadiga acumulada ao longo de jogos sucessivos em dias consecutivos podem potencialmente provocar queda de desempenho do jogador, associada com mudanças perceptíveis de sinais e sintomas de estresse e marcadores de DMIE.

Estudos monitorando os efeitos de jogos em dias consecutivos já foram realizados no tênis (MENDEZ-VILLANUEVA, FERNANDEZ-FERNANDEZ e BISHOP, 2007; OJALA e HAKKINEN, 2013; GESCHEIT *et al.*, 2016). Após 3 dias de jogos sucessivos, os atletas apresentaram reduções significativas no desempenho físico, associadas ao DMIE e a dor muscular de início tardio (DMIT), devido a ineficiente recuperação física ao longo da competição (OJALA e HAKKINEN, 2013). Após 4 dias de torneio, observou-se uma queda acentuada na precisão e no posicionamento dos gestos técnicos, aumento de número de erros e na relação esforço/pausa no terceiro e quarto dia de análise (GESCHEIT *et al.*, 2016). Considerando a dinâmica competitiva do Badminton, com a realização de partidas sucessivas ao longo de alguns dias, é possível que o atleta de Badminton também apresente sinais e sintomas de fadiga e diminuição de desempenho ao longo da competição.

Recursos ergogênicos são empregados na prática esportiva para diminuir sinais e sintomas de fadiga e acelerar a recuperação do desempenho, principalmente durante competições. Estes recursos são continuamente pesquisados e testados em atletas, e incluem roupas de compressão (DUFFIELD, CANNON e KING, 2010), roupas impregnadas de biocerâmica emissoras de irradiação infravermelha longa (LOTURCO *et al.*, 2016; NUNES *et al.*, 2018), massagem (COUTURIER, 2013) e recursos nutricionais como a suplementação de proteínas e aminoácidos (HOWATSON *et al.*, 2012; HAUSSWIRTH e MUJIK, 2013), carboidratos (JOHANN *et al.*, 2015) e cafeína (ABIAN *et al.*, 2015a), entre outros.

Recentemente, o emprego da fototerapia antes do exercício físico tem demonstrado efeitos ergogênicos, sendo um método de baixo custo, prático e também eficiente para acelerar a recuperação física de atletas (BORGES *et al.*, 2013; BORSA, LARKIN e TRUE, 2013; AVER VANIN *et al.*, 2016; DE SOUZA *et al.*, 2016; FERRARESI, HUANG e HAMBLIN, 2016; ZAGATTO *et al.*, 2016; MACHADO *et al.*, 2017; FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2018; FISHER *et al.*, 2018; LANFERDINI *et al.*, 2018a). Ensaios experimentais em animais demonstraram que a fototerapia pode inibir o DMIE, acelerando a recuperação, possui efeito ergogênico, antiálgico e anti-inflamatório (LIU *et al.*, 2009; DE ALMEIDA *et al.*, 2011; CAMARGO *et al.*, 2012; DA COSTA SANTOS *et al.*, 2014; VASCONCELOS *et al.*, 2018). Estudos laboratoriais em humanos também demonstram efeitos ergogênicos e sobre a recuperação de desempenho em exercícios físicos de metabolismo predominante anaeróbio ou aeróbio (LEAL JUNIOR *et al.*, 2009a; BARONI *et al.*, 2010; DE MARCHI *et al.*, 2012; DOS SANTOS MACIEL *et al.*, 2014; ROSSATO *et al.*, 2016; DE OLIVEIRA *et al.*, 2017; HEMMINGS, KENDALL e DOBSON, 2017; FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2018). Os principais efeitos observados pelos autores são o aumento da capacidade de geração de força e potência, aumento do número de repetições, aumento do tempo até a fadiga e do consumo de oxigênio e redução de sinais e sintomas de DMIE (LEAL JUNIOR *et al.*, 2009a; BARONI *et al.*, 2010; DE MARCHI *et al.*, 2012; DOS SANTOS MACIEL *et al.*, 2014; ROSSATO *et al.*, 2016; DE OLIVEIRA *et al.*, 2017; HEMMINGS, KENDALL e DOBSON, 2017; FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2018). No entanto, poucos estudos avaliaram a aplicação da fototerapia na execução e recuperação de tarefas específicas de modalidades esportivas. Em modalidades individuais, um estudo realizado em ciclistas demonstrou que a fototerapia permitiu um maior recrutamento de unidades motoras, aumento do tempo de exaustão e melhora da cinética de consumo de oxigênio, em teste incremental em cicloergômetro (LANFERDINI *et al.*, 2018a; LANFERDINI *et al.*, 2018b). Estudos em atletas de futsal, voleibol e rugby em jogos e testes de campo também sugerem que a fototerapia pode ter algum benefício sobre o desempenho físico e recuperação e prevenção do DMIE (DE ALMEIDA *et al.*, 2012; DE MARCHI *et al.*, 2012; FERRARESI *et al.*, 2015a; DE SOUZA *et al.*, 2016; PINTO *et al.*, 2016).

A fototerapia compreende o uso terapêutico de fontes de luz artificial de baixa potência para estimular a cicatrização e regeneração tecidual, além de promover a redução da dor e da inflamação (KNEEBONE, 2006; BORSA, LARKIN e TRUE, 2013;

COTLER *et al.*, 2015). A fototerapia pode ser aplicada com a utilização de fontes de luz do tipo Laser (*Light amplification by stimulated emission of radiation*) de baixa potência, e mais recentemente, dos diodos emissores de luz (LED – *Light-emitting diode*) (CONRADO, 2010; ROSS e MILLER, 2014). Ambas as fontes de luz emitem fótons (partículas de energia eletromagnética) de espectro vermelho ao infravermelho próximo (600 a 1070 nm) capazes de modular a atividade celular, processo conhecido como fotobiomodulação (HUANG *et al.*, 2009; HAMBLIN, 2017). Sendo assim, a aplicação de fototerapia pode estimular ou inibir vias de sinalização celulares associadas a produção de energia, proliferação e síntese proteica, e inibir a apoptose, necrose e produção de mediadores inflamatórios (BAROLET, 2008; DOS SANTOS *et al.*, 2017; TSAI e HAMBLIN, 2017). Um dos possíveis mecanismos responsáveis pelos efeitos terapêuticos da fototerapia é a interação de fótons em condições de doses ótimas (janela terapêutica), situada entre 600 nm e 950 nm (HAMBLIN *et al.*, 2006) com receptores específicos na mitocôndria (fotoceptores). A estimulação dos fotoceptores resultaria em uma cascata de reações celulares estimuladas pela luz em uma janela terapêutica de comprimento de onda e quantidade de energia (BAROLET, 2008).

Os principais fotoceptores celulares são as enzimas mitocondriais oxidases, em especial a citocromo c oxidase (Cco) (KARU, 2014) ou complexo IV da cadeia de transporte de elétrons, que tem papel central na regulação do metabolismo energético e homeostasia celular (DALMONTE *et al.*, 2009; PASSARELLA e KARU, 2014). Esta enzima tem sido apontada como alvo principal da fototerapia, pois possui dois centros heme (α e $\alpha 3$) e dois centros de cobre (CuA e CuB) fotossensíveis (HAMBLIN, 2017). Cada centro metálico tem espectro de absorção diferente de tal forma que a Cco pode absorver luz de espectro vermelho (até 700 nm) e infravermelho próximo (até 950 nm) (ENWEMEKA, 2009; MASON, NICHOLLS e COOPER, 2014). A absorção da luz de ambos os espectros causa aumento na atividade da Cco, devido a sua dissociação do óxido nítrico, um regulador negativo da cadeia respiratória, resultando em aumento da síntese de adenosina trifosfato (ATP) (KARU e KOLYAKOV, 2005; HAMBLIN, 2018). Porém, a sensibilidade dos tecidos musculares à atividade fotobiomoduladora parece ser mais pronunciada nas fibras oxidativas em comparação às glicolíticas. Hayworth *et al.* (2010) verificaram que a fototerapia aumentou a atividade da Cco em 54% nas fibras do tipo I, 36% nas fibras intermediárias do tipo IIa e 18% nas fibras glicolíticas do tipo IIb.

Embora o aumento da atividade mitocondrial relacionada ao desacoplamento do óxido nítrico da Cco seja o efeito mais significativo da aplicação da fototerapia sobre o músculo esquelético (KARU, 2010; POYTON e BALL, 2011), outros mecanismos de ação podem contribuir para o efeito ergogênico da fototerapia, tanto a nível celular quanto sistêmico. Investigações apontam aumento da atividade eletromiográfica, aumento da densidade e número de mitocôndrias, alteração no potencial de membrana mitocondrial, modulação da expressão gênica por ativação de fatores de transcrição, diminuição da produção de mediadores inflamatórios, modulação do estresse oxidativo e estímulo do reparo muscular pela ativação de células satélites (KARU, 1999; MANTEIFEL e KARU, 2005; KNEEBONE, 2006; GAO e XING, 2009; HUANG *et al.*, 2009; LIU *et al.*, 2009; BARONI *et al.*, 2010; KARU e PYATIBRAT, 2011; DE ALMEIDA *et al.*, 2014; FERRARESI, HUANG e HAMBLIN, 2016; NAMPO *et al.*, 2016a; HAMBLIN, 2017).

Nampo *et al.* (2016a) em uma recente revisão sistemática com metanálise sugerem que a fototerapia pode ter efeitos benéficos sobre a capacidade de realização do exercício físico. Estudos com atletas comprovaram sua eficácia sobre o desempenho e recuperação quando aplicados antes de um teste de campo em jogadores de rugby (PINTO *et al.*, 2016), teste de cicloergômetro em ciclistas (LANFERDINI *et al.*, 2018a) e teste isocinético no futebol (AVER VANIN *et al.*, 2016) e voleibol (LEAL JUNIOR *et al.*, 2009b). Um estudo usando a combinação de luz vermelha e infravermelha próxima em atletas de rugby demonstrou um aumento no desempenho durante teste de *sprints* repetidos com mudança de direção e melhora na recuperação física (PINTO *et al.*, 2016). Outros estudos com irradiação infravermelha encontraram atenuação nos marcadores bioquímicos relacionados ao DMIE (creatino quinase, CK) e inflamação (Interleucina- 6) e aumento do pico de torque e do tempo de exaustão no músculo bráiceps braquial (LEAL JUNIOR *et al.*, 2009b; AVER VANIN *et al.*, 2016; LANFERDINI *et al.*, 2018a).

Cabe ressaltar que os estudos que avaliaram os efeitos da fototerapia sobre o desempenho físico e marcadores bioquímicos foram conduzidos utilizando fontes de luz de espectro vermelho, infravermelho próximo ou com combinação de ambos. De Freitas e Hamblin (2016) apontam que a penetração através do tecido na faixa de comprimento de onda entre 600 nm a 700 nm (vermelho) e 780 nm a 1100 nm (infravermelho próximo) é maior, devido a menor dispersão e absorção pelos cromóforos teciduais. Os autores citam também que o intervalo de comprimento entre

700 e 780 nm é bastante ineficaz, uma vez que coincide com uma depressão no espectro de absorção da Cco.

É importante destacar porém, que a magnitude dos efeitos biológicos desejáveis podem ser influenciados por vários parâmetros de irradiação além do comprimento de onda, como dose (fluência), intensidade (densidade de potência ou irradiância), tempo de irradiação, forma de aplicação (onda contínua ou modo pulsado), número de pontos de irradiação e período de tratamento (BAROLET, 2008; ENWEMEKA, 2009; CONRADO, 2010; BORGES *et al.*, 2013; CAROLL, 2014; FERRARESI, HUANG e HAMBLIN, 2016; HEMMINGS, KENDALL e DOBSON, 2017). Estudos experimentais em animais e ensaios clínicos utilizando equipamentos de fototerapia com diodos emissores de luz tipicamente utilizam densidades de energia que variam entre 1,5 a 10 J/cm² de área de superfície irradiada, demonstrando efeitos ergogênicos e recuperativos (CAMARGO *et al.*, 2012; DA COSTA SANTOS *et al.*, 2014; NAMPO *et al.*, 2016a; NAMPO *et al.*, 2016b; VASCONCELOS *et al.*, 2018)

Embora algumas pesquisas tenham demonstrado que a fotobiomodulação pode promover melhora em alguns parâmetros do desempenho esportivo (FERRARESI *et al.*, 2015a; AVER VANIN *et al.*, 2016; PINTO *et al.*, 2016; DE OLIVEIRA *et al.*, 2017; LANFERDINI *et al.*, 2018a), os estudos avaliaram o efeito da fototerapia em situações agudas, como partidas e testes físicos. O efeito da fototerapia, como recurso ergogênico em eventos competitivos de alta demanda metabólica aeróbia e anaeróbia, com pequeno intervalo de recuperação entre partidas, ainda não foi explorado. Caso os efeitos biológicos da luz possam beneficiar o desempenho físico de atletas de Badminton durante competições, o método pode ter grande aplicabilidade prática.

Considerando que evidências anteriores apontavam a existência de alta demanda física no Badminton, mesmo quando o regulamento da modalidade aparentemente exigia menos esforços, é necessário esclarecer quais as atuais demandas da modalidade no sistema atual de pontuação. Ainda, é necessário esclarecer as diferenças de demanda física entre as modalidades simples e de duplas, assim como os efeitos da dinâmica competitiva com jogos sucessivos, sobre a performance motora dos atletas. Considerando, ainda, que a fototerapia pode ter efeitos ergogênicos e recuperativos em atletas de modalidades com demanda de ambos os sistemas metabólicos, a aplicabilidade do método em situações de desequilíbrio entre estresse e recuperação, com provável acúmulo de fadiga, pode

também oferecer vantagens sobre o desempenho do atleta de Badminton em competição. A primeira hipótese do presente estudo é que atletas de Badminton disputam o campeonato em zonas de alta intensidade de FC, podendo ocorrer queda de rendimento e acúmulo de fadiga. A segunda hipótese é que a fototerapia pode contribuir para a manutenção do desempenho físico do atleta de Badminton, em jogos sucessivos.

2. OBJETIVOS

Identificar e descrever as cargas internas obtidas pela frequência cardíaca durante uma competição oficial em atletas masculinos de Badminton nas categorias sub-17, sub-19 e adulto.

Comparar as intensidades de esforço obtidas pelos atletas em jogos das modalidades simples e duplas em atletas masculinos de Badminton nas categorias sub-17, sub-19 e adulto.

Avaliar os efeitos de jogos sucessivos sobre o desempenho do salto vertical e preensão manual.

Avaliar os efeitos da fototerapia sobre o desempenho muscular em atletas de Badminton durante uma competição oficial.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para atender aos objetivos propostos, foram realizados dois estudos:

Estudo 1: análise da FC durante as partidas de Badminton.

Estudo 2: análise do desempenho em saltos verticais e FPM, antes e depois dos jogos diários, em grupos submetidos ou não a fototerapia.

Os atletas foram informados sobre os procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes da coleta de dados (Apêndice A e B). O estudo foi conduzido de acordo com os princípios éticos da Declaração de Helsinki e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Marechal Cândido Rondon, sob o parecer número 2.515.358/2018 (Anexo A).

3.1 ESTUDO 1

Sujeitos

Durante a primeira Etapa do Campeonato Nacional de Badminton, realizada entre os dias 22 e 25 de março de 2018, foram analisados 26 atletas do sexo masculino, pertencentes às categorias sub-17, sub-19 e adulta ($18,07 \pm 3,04$ anos; $69,29 \pm 10,07$ kg e $176,77 \pm 6,49$ cm), ranqueados entre a 1^a e 44^a colocação no *Ranking* oficial da Confederação Brasileira de Badminton. Vinte e cinco atletas disputaram apenas na modalidade simples, 24 atletas na dupla e 23 atletas jogaram em ambas as modalidades. No decorrer dos quatro dias de competição, os atletas realizaram no mínimo um e no máximo seis jogos por dia, com intervalo médio entre os jogos de 4h30 minutos. Foram analisados 69 jogos, sendo 46 análises de atletas em jogos da modalidade simples masculina e 46 da dupla masculina, totalizando 92 análises, sendo que em alguns jogos ocorreu o confronto direto entre os atletas avaliados.

Delineamento experimental

O estudo 1 é uma pesquisa observacional transversal para monitoramento da FC dos atletas em jogos realizados durante a Primeira Etapa do Campeonato Nacional

de Badminton de 2018. Todos os atletas apresentaram autorização da comissão médica e técnica de suas equipes para participarem da competição e serem incluídos voluntariamente na pesquisa. Primeiramente, foi aferida a massa corporal e estatura, registrada a idade e a classificação oficial. Antes do aquecimento para dar início a cada partida, os jogadores foram equipados com um cinto transmissor de FC (Polar Team, Kampele, Finlândia) atados ao peito, para a familiarização com o equipamento e ajuste da posição de coleta de sinal e conforto. Os transmissores foram utilizados para obtenção dos dados de tempo de jogo, FC média e FCmáx. Os dados foram utilizados para a quantificação da carga de jogo por meio do impulso de treinamento (TRIMP) pelo método de Edwards, do tempo e percentual em cada zona de intensidade. Após o término da partida, a duração do jogo foi registrada, bem como a pontuação, número de sets, número do jogo do dia e PSE. Dados sobre o dia de competição e as vitórias e derrotas dos atletas ao longo da competição foram registrados após cada jogo.

Monitoramento da frequência cardíaca

A FC dos jogos foi monitorada com cardiofrequencímetros portáteis (POLAR®, modelo RS800CX, Kampele, Finlândia). Os registros de FC foram iniciados imediatamente antes do primeiro set e após o término do jogo. Os valores de FC foram posteriormente transferidos para o software Polar Pro Trainer 5 (Polar Electro®, Kampele, Finlândia) para análise.

Quantificação da carga de jogo

A quantificação da carga de jogo foi determinada por meio do método TRIMP proposto por Edwards (1993). O cálculo é realizado multiplicando-se o tempo em que o atleta permanece em cada zona, pelo fator de correção correspondente: (duração na zona 1 × 1) + (duração na zona 2 × 2) + (duração na zona 3 × 3) + (duração na zona 4 × 4) + (duração na zona 5 × 5), onde: zona 1 – 50 a 60% FCmáx; zona 2 – 60 a 70% FCmáx; zona 3 – 70 a 80% FCmáx; zona 4 – 80 a 90% FCmáx; zona 5 – 90 a 100% FCmáx.

Percepção Subjetiva do Esforço do jogo

A PSE- 10 da sessão foi coletada entre 10 e 15 minutos após o término do jogo para evitar que a parte final do mesmo influenciasse na percepção do esforço do atleta, utilizando a escala de CR-10 de Borg (FOSTER *et al.*, 2001). Os atletas foram questionados individualmente, em sigilo, sobre sua percepção de esforço durante o jogo. O tempo total em jogo foi registrado em minutos e a PSE do jogo foi calculada pelo produto da duração do tempo em jogo pelo escore reportado na escala CR-10 de Borg (FOSTER *et al.*, 2001). Os jogadores já estavam familiarizados com a escala, sendo aplicada rotineiramente pelos times durante sessões de treinamento e após jogos.

Análise estatística

A distribuição de normalidade dos dados foi avaliada com o teste de Shapiro Wilk. Os dados paramétricos foram apresentados em média e desvio-padrão e os dados não paramétricos em mediana e intervalo interquartil. A diferença entre as modalidades simples e dupla foi testada com o teste t de Student (paramétrico) ou o teste U de Mann-Whitney (não paramétrico). A correlação entre TRIMP e PSE foi avaliada por meio do coeficiente de correlação de postos de Spearman. Para comparar a intensidade dos jogos entre as categorias, foi usado o teste de ANOVA *one-way* com pós *hoc* de Tukey (paramétrico) ou Kruskal Wallis e pós *hoc* de Dunn. A associação das variáveis estudadas com a PSE, FC média e o TRIMP foi determinada por meio de análise de regressão linear multivariada. Diferenças foram consideradas significativas se $P < 0.05$. Os dados foram analisados no *software* GraphPad Prism versão 5.01 (GraphPad Software, La Jolla, CA, USA).

3.2 ESTUDO 2

Sujeitos

Vinte e nove atletas do sexo masculino, participantes do Campeonato Nacional Brasileiro de Badminton, em março de 2018, foram convidados a participar deste estudo por meio de contato direto na abertura da competição. Os atletas integravam

as categorias sub-17, sub-19 e adulta e eram classificados da 1ª a 44ª posição na classificação oficial de atletas nacionais da Confederação Brasileira de Badminton (2018). Após os atletas e seus responsáveis serem informados sobre os procedimentos do estudo, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A e B). O estudo foi conduzido de acordo com os princípios éticos da Declaração de Helsinki e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Marechal Cândido Rondon, sob o parecer número 2.515.358/2018 (Anexo A).

Desenho experimental

O estudo 2 é um ensaio clínico controlado, randomizado, duplo cego, para avaliação dos efeitos da fototerapia sobre o desempenho de atletas de Badminton durante uma etapa do Campeonato Nacional de Badminton, realizado em Toledo-PR, Brasil, entre os dias 22 e 25 de março de 2018.

Os critérios de exclusão adotados foram apresentar qualquer lesão traumática que prejudicasse os testes de salto vertical e de preensão manual, e/ou não realizar alguma das avaliações pré ou após os jogos. Antes de iniciarem os jogos diários, o atleta realizou testes de SVA, SVC e FPM seguidos de aplicação da fototerapia com um equipamento comercial (grupo LEDT) ou a simulação de tratamento com o mesmo equipamento, porém sem emissão de radiação (grupo Controle). Imediatamente após cada jogo, cada atleta realizou novamente os testes de SVA, SVC e FPM.

Alocação dos atletas nos grupos experimentais

Os atletas foram separados em suas respectivas categorias (sub-17, sub-19 e adulta) e classificados com base na Classificação Nacional de Badminton, a fim de pareá-los pelo nível de competição nos grupos LEDT ou Controle. Após o pareamento, cada par de atletas foi aleatoriamente randomizado para receber tratamento LEDT ou Controle, por meio de sorteio simples. O sorteio e alocação dos grupos experimentais, bem como a aplicação da fototerapia foi realizada por um pesquisador que não participou das análises de dados. A alocação dos grupos experimentais foi revelada apenas após a conclusão da coleta de dados.

O esquema de distribuição dos atletas durante os dias de competição está demonstrado na figura 1.

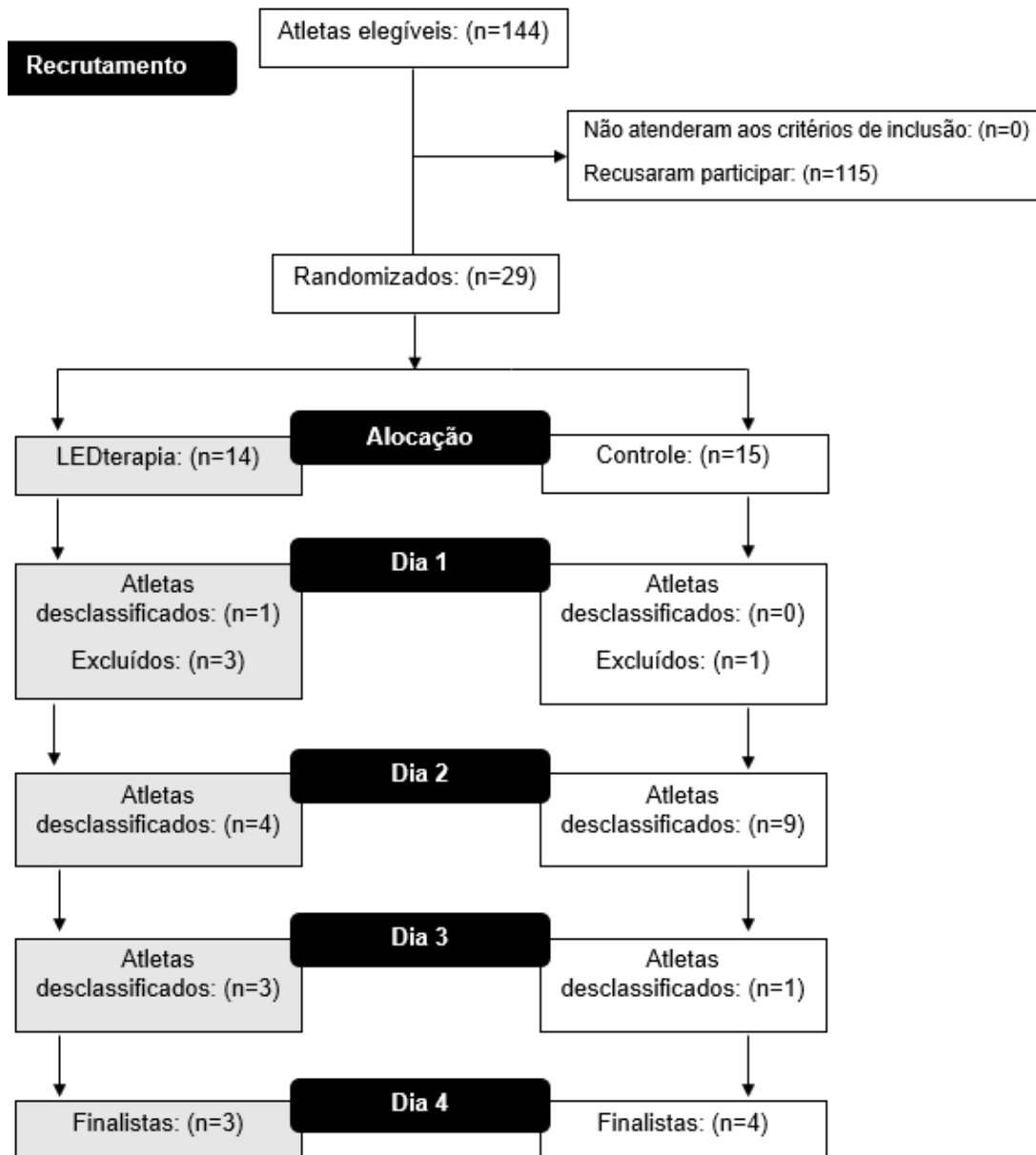


Figura 1 - Esquema de distribuição dos atletas nos dias de competição durante o Campeonato Nacional de Badminton.

Fototerapia com diodos emissores de luz

A LEDT foi aplicada trinta minutos antes do primeiro jogo de cada dia com o equipamento comercial Bios Therapy II (Bios indústria e comércio de equipamentos médicos LTDA ®, São José dos Campos, Brasil) e seus parâmetros estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros do equipamento para a aplicação da LEDT.

| Parâmetros | Especificações |
|--------------------------------|--|
| Comprimento de onda | 630 nm |
| Potência de saída | 300 mW |
| Densidade de potência | 230 mW/cm ² |
| Energia irradiada por ponto | 6 J por ponto |
| Densidade de energia por ponto | 4,6 J/cm ² |
| Frequência de saída | Contínua |
| Número de pontos irradiados | 31 pontos |
| Área por ponto de aplicação | 1,32 cm ² |
| Área total irradiada | 40,92 cm ² |
| Tempo de aplicação por ponto | 20 segundos |
| Tempo total de aplicação | 620 segundos |
| Modo de aplicação | Estacionária em contato com a pele |
| Total de energia irradiada | 186 J - 18 J membro superior dominante - 84 J membro inferior direito - 84 J membro inferior esquerdo |

Fonte: o próprio autor.

A irradiação foi realizada em 31 pontos, em ambos os membros inferiores e membro superior dominante (ombro) (figura 2), com o equipamento de LEDT posicionado de forma estacionária e em contato com a pele com os participantes deitados sobre uma maca. O grupo Controle foi posicionado sobre a maca, nas mesmas posições, tempo e condições que o grupo LEDT, porém, com o equipamento desligado.

**Figura 2** – Pontos de aplicação (círculos pretos) da LEDT.

Em todos os tratamentos os atletas usaram uma venda de proteção ocular e fones de ouvido com música para evitar a identificação do grupo de alocação por sinais sonoros e luminosos emitidos pelo equipamento.

Teste de salto vertical com agachamento e com contramovimento

A força explosiva e reativa dos membros inferiores dos atletas foi avaliada indiretamente, antes do primeiro jogo do dia (Pré) e após cada jogo, em um tapete de contato conectado a um *software* de computador (*Jump System Pro*, CEFISE, Nova Odessa, São Paulo, Brasil), seguindo o protocolo proposto por Bosco, Luhtanen e Komi (1983). Os atletas realizaram três SVA e SVC, respectivamente, com intervalo de 10 segundos entre as tentativas. O melhor salto foi registrado para fins estatísticos.

Força de preensão manual

A FPM foi mensurada no membro dominante, imediatamente antes do primeiro jogo diário (Pré), e após cada jogo do dia com o dinamômetro Smedley Mecânico – Takey (Cardiomed, Curitiba, Paraná, Brasil). Os atletas permaneceram em pé na posição ereta, com os braços estendidos e o antebraço em rotação neutra. Eles foram instruídos a exercer força máxima em cada uma das três tentativas, com 5 segundos de intervalo entre elas, e a melhor medida foi registrada.

Análise Estatística

A distribuição de normalidade dos dados foi verificada com o teste de Kolmogorov-Smirnov (para variáveis com menos de 10 sujeitos) com correção de Dallal-Wilkinson-Lilliefors e teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram expressos em média e desvio-padrão (distribuição paramétrica) ou mediana e intervalo interquartil (distribuição não-paramétrica). Para diferenças nos testes de desempenho coletados antes do primeiro jogo diário (Pré) e imediatamente após cada jogo, o teste de ANOVA de medidas repetidas com pós *hoc* de Tukey foi usado. Para análise do efeito de diferentes tratamentos e tempo nas variáveis, utilizou-se ANOVA *two-way* e pós *hoc* de Bonferroni. Diferenças foram consideradas significativas se $P < 0.05$. A análise dos

dados foi realizada com o *software* GraphPad Prism versão 5.01 (*GraphPad Software, La Jolla, CA, USA*).

4. RESULTADOS

4.1 ARTIGO 1

Carga interna em jogos oficiais de Badminton: comparação em jogos de simples e duplas musculina em diferentes faixas etárias

Lilian Keila Barazetti. Doutoranda em Educação Física. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil.

Susana Padoin. Mestranda em Educação Física. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil.

Júlia Cristina Weizenmann. Graduanda em Educação Física. Universidade do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Brasil.

Solange de Paula Ramos. Grupo de estudos em Regeneração Tecidual, Adaptação e Reparo. Centro de Ciências Biológicas. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil.

Autor correspondência:

Solange de Paula Ramos

Universidade Estadual de Londrina – Centro de Ciências Biológicas

Rodovia Celso Garcia Cid PR 445 km 380

Londrina, Paraná, Brasil

CEP: 86055-900

e-mail: ramossolange@uel.br

Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar a carga interna de atletas de Badminton nas modalidades simples e duplas masculina nas categorias sub-17, sub-19 e adulta durante competição oficial. Participaram do estudo 26 atletas do sexo masculino ($18,07 \pm 3,04$ anos; $69,29 \pm 10,07$ kg e $176,77 \pm 6,49$ cm) competidores da Etapa do Campeonato Nacional de Badminton (Brasil, 2018). Os dados de tempo de jogo, frequência cardíaca (FC) média, FC máxima (FC_{máx}) e impulso de treinamento (TRIMP de Edwards), tempo e percentual em cada zona de intensidade foram obtidos com um cinto transmissor de FC. A Percepção Subjetiva de Esforço (PSE), resultados do jogo foram coletados imediatamente após o término da partida. A FC média, FC_{máx} e o TRIMP foram maiores nos confrontos realizados em modalidade simples em relação à de duplas ($P < 0.05$). Os atletas que jogaram na modalidade simples, permaneceram mais tempo de jogo acima de 80% da FC_{máx}, enquanto nos jogos de dupla, entre 50-79% da FC_{máx}. A intensidade dos jogos foi influenciada pela classificação do jogador ($P < 0.05$), idade ($P < 0.005$), número de sets por jogo ($P < 0.001$), dias consecutivos de competição ($P < 0.01$) e FC_{máx} ($P < 0.05$). O tempo de jogo e TRIMP das modalidades simples e duplas foram maiores na categoria adulta em relação à sub-17. A partir dos achados conclui-se que na modalidade simples masculina a intensidade dos jogos é maior comparado às duplas.

Palavras-chave: Esportes com raquete, carga de trabalho, atletas, fisiologia.

Introdução

O Badminton é um esporte de raquete *indoor*, jogado nas modalidades simples ou duplas, no qual os jogadores tomam posições em metades opostas de uma quadra de 13,40 m de comprimento e largura de 5,18 m (simples) (ABIÁN *et al.*, 2014) ou 6,10 m (duplas) (CBBd, 2019). As competições oficiais são realizadas entre três a cinco dias consecutivos, sendo que cada partida tem duração média de $35,31 \pm 14,40$ minutos e os atletas podem disputar de uma a três partidas diárias, em até três *sets* de 21 pontos (ABIÁN *et al.*, 2014; ABDULLAHI, COETZEE e VAN DEN BERG, 2017).

Considerado o mais veloz dentre os esportes de raquete, o Badminton exige um alto nível de condicionamento físico e domínio técnico-tático dos atletas, uma vez que apresenta curto tempo de intervalo entre as ações do jogo (FAUDE *et al.*, 2007; HUSSAIN *et al.*, 2011; SINGH, RAZA e MOHAMMAD, 2011). Além disto, as possibilidades de ações são muitas, revelando a complexidade do esporte que envolve saltos, mudanças de direção e movimentos rápidos do braço, em uma ampla variação de posturas corporais, com o objetivo de golpear de forma efetiva a peteca para a quadra adversária (CABELLO MANRIQUE e GONZÁLEZ-BADILLO, 2003; GHOSH, 2008; LAFFAYE, PHOMSOUPHA e DOR, 2015).

Estudos prévios investigaram a carga interna dos atletas, em jogos simulados e oficiais, por meio da frequência cardíaca (FC) (FERNANDEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2013; ABIAN *et al.*, 2015b; BISSCHOFF, COETZEE e ESCO, 2016; ABDULLAHI, COETZEE e VAN DEN BERG, 2017). A FC média e frequência cardíaca máxima (FC_{máx}) relatada em jogos oficiais de atletas masculinos de modalidade simples variam de 157 ± 13 a 167 ± 14 bpm, e 188 ± 11 a 193 ± 11 bpm, respectivamente (BISSCHOFF, COETZEE e ESCO, 2016). Quando estratificado por zonas de intensidade de FC, os atletas permaneceram $10,6 \pm 12,5\%$ do tempo de jogo em baixa intensidade ($<60\%$ FC_{máx}), $35,1 \pm 18,9\%$ em intensidade moderada ($60,1$ a 80% FC_{máx}) e $54,1 \pm 24,5\%$ em alta intensidade ($>80,1\%$ FC_{máx}) (ABDULLAHI, COETZEE e VAN DEN BERG, 2017). Estes estudos sugerem que atletas masculinos em jogos simples apresentam alta demanda metabólica dos sistemas aeróbio e anaeróbio. No entanto, diferenças significativas podem ser observadas na comparação de jogos realizados em duplas e em relação a diferentes níveis técnicos. Em partidas da modalidade simples masculina, jovens atletas apresentam uma FC de jogo superior aos atletas de elite (FERNANDEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2013; ABIAN *et*

al., 2015b; BISSCHOFF, COETZEE e ESCO, 2016; ABDULLAHI, COETZEE e VAN DEN BERG, 2017). Embora o tempo de *rally* apresentado pelos jovens seja inferior ($6,8 \pm 4,8$ segundos) (FERNANDEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2013) comparado a $9,5 \pm 7,9$ segundos nos atletas de elite (CHIMINAZZO *et al.*, 2018), o tempo de recuperação entre os *rallies* também é consideravelmente menor ($10,5 \pm 8,8$ vs $24,9 \pm 16,1$ segundos) (FERNANDEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2013; CHIMINAZZO *et al.*, 2018), o que poderia levar a uma menor recuperação e consequentemente maiores valores de FC ao longo da partida. Jogos de simples simulados tendem a ser mais intensos quando comparados aos de duplas (LIDDLE, MURPHY e BLEAKLEY, 1996; ALCOCK e CABLE, 2009), com uma FC média de 88,8% da FC_{máx} e 75,5% da FC_{máx}, respectivamente (ALCOCK e CABLE, 2009). No entanto, a demanda física entre jogos de modalidades simples e duplas em competições oficiais, em diferentes categorias de idade, e sob as normas de pontuação recente (21 pontos) ainda não está estabelecida.

Considerando que pode ocorrer diferentes demandas físicas em atletas de Badminton em jogos simples e duplas, e ocorra diferentes respostas fisiológicas em atletas de elite juvenis, os objetivos do presente estudo foram: a) avaliar a carga interna de atletas de Badminton nas modalidades simples e duplas masculina nas categorias sub-17, sub-19 e adulta, durante uma competição oficial e b) verificar se a carga interna difere entre as categorias. Considerando que, em situações de competição de Badminton, os jogadores podem realizar vários jogos sucessivos ao longo dos dias de competição, enfrentando adversários com diferentes níveis técnicos e qualidade tática, avaliar a carga interna de jogo frente a diferentes situações competitivas é necessária para o planejamento de estratégias de treino e de recuperação. As hipóteses do nosso estudo são de que a modalidade simples masculina apresenta uma maior carga interna comparado a dupla masculina e os atletas da categoria adulta alcançam uma menor intensidade nos jogos em relação ao sub-17 e sub-19. Nesse sentido, conhecer essas particularidades se torna necessário afim de adequar os planos de treinamento a essas demandas e necessidades.

Materiais e Método

Sujeitos

Durante a primeira Etapa do Campeonato Nacional de Badminton, realizada entre os dias 22 e 25 de março de 2018, foram analisados 26 atletas do sexo masculino, pertencentes às categorias sub-17, sub-19 e adulta ($18,07 \pm 3,04$ anos; $69,29 \pm 10,07$ kg e $176,77 \pm 6,49$ cm), classificados entre a 1^a e 44^a colocação no *Ranking* oficial da Confederação Brasileira de Badminton. Vinte e cinco atletas disputaram apenas na modalidade simples, 24 atletas na dupla e 23 atletas jogaram em ambas as modalidades. No decorrer dos quatro dias de competição, os atletas realizaram no mínimo um e no máximo seis jogos por dia, com intervalo médio entre os jogos de 4h30 minutos. Foram analisados 69 jogos, sendo 46 análises de atletas em jogos da modalidade simples masculina e 46 da dupla masculina, totalizando 92 análises, com confronto direto entre alguns atletas durante as avaliações.

Os atletas foram informados sobre os procedimentos do estudo e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes da coleta de dados. O estudo foi conduzido de acordo com os princípios éticos da Declaração de Helsinkí e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade do Oeste do Paraná - Marechal Cândido Rondon, sob o parecer número 2.515.358/2018.

Delineamento experimental

O trabalho é um estudo observacional transversal para monitoramento da FC dos atletas em jogos realizados durante a Primeira Etapa do Campeonato Nacional de Badminton de 2018. Todos os atletas apresentavam autorização da comissão médica e técnica de suas equipes para participarem da competição e do estudo. Antes do início da competição foi registrada a massa corporal, estatura e idade, além da classificação oficial do atleta dentro da sua categoria de idade. A FC média e FCmáx de jogo foi registrada durante o jogo e os dados foram utilizados para a quantificação da carga de jogo por meio do impulso de treinamento de Edwards (TRIMP), tempo e percentual em cada zona de intensidade. Após o término da partida, a duração do jogo era registrada, bem como seu score, número de *sets* e número do jogo do dia e

a percepção subjetiva de esforço (PSE) do jogo. Dados sobre as vitórias e derrotas dos atletas ao longo da competição foram registrados após cada jogo.

Monitoramento da frequência cardíaca

A FC dos jogos foi monitorada com cardiofrequencímetros portáteis (POLAR®, modelo RS800CX, Kampele, Finlândia). Os registros de FC foram ativados imediatamente antes do início do jogo e interrompidos ao final do jogo. Os valores de FC foram posteriormente transferidos para o *software* Polar Pro Trainer 5 (Polar Electro®, Kampele, Finlândia) para análise.

Quantificação da carga de jogo

A quantificação da carga de jogo foi determinada por meio do método TRIMP proposto por Edwards (1993). O cálculo é realizado multiplicando-se o tempo em que o atleta permanece em cada zona, pelo fator de correção correspondente: (duração na zona 1 × 1) + (duração na zona 2 × 2) + (duração na zona 3 × 3) + (duração na zona 4 × 4) + (duração na zona 5 × 5), onde: zona 1 – 50 a 60% FC_{máx}; zona 2 – 60 a 70% FC_{máx}; zona 3 – 70 a 80% FC_{máx}; zona 4 – 80 a 90% FC_{máx}; zona 5 – 90 a 100% FC_{máx}.

Percepção subjetiva do esforço do jogo

A PSE -10 da sessão foi coletada utilizando a escala de CR-10 de Borg entre 10 e 15 minutos após o término do jogo, para evitar que a parte final do mesmo influenciasse na percepção do esforço do atleta (FOSTER *et al.*, 2001). Os atletas foram questionados individualmente, em sigilo. O tempo total em jogo foi registrado em minutos e a PSE do jogo foi calculada pelo produto da duração do tempo da partida pelo score reportado na escala CR-10 de Borg (FOSTER *et al.*, 2001). Os jogadores já estavam familiarizados com a escala, sendo aplicada rotineiramente pelos times durante sessões de treinamento e após jogos.

Análise estatística

A distribuição de normalidade dos dados foi avaliada com o teste de Shapiro Wilk. Os dados paramétricos foram apresentados em média e desvio-padrão e os dados não paramétricos em mediana e intervalo interquartil. A diferença entre as modalidades simples e dupla foi testada com o teste t de Student (paramétrico) e o teste U de Mann-Whitney (não paramétrico). Para comparar a intensidade dos jogos entre as categorias de idade, foi usado o teste de ANOVA *one-way* com pós *hoc* de Tukey (paramétrico) ou Kruskal Wallis e pós *hoc* de Dunn. A correlação entre o TRIMP e a PSE foi determinada pelo coeficiente de correlação de postos de Spearman. A associação das variáveis de estudo com a PSE, FC média e o TRIMP foi determinada por meio de análise de regressão linear multivariada. Diferenças foram consideradas significativas se $P < 0.05$. Os dados foram analisados no *software* GraphPad Prism versão 5.01 (*GraphPad Software, La Jolla, CA, USA*).

Resultados

O tempo mediano de jogo, a PSE, a FC média, a FCmáx e TRIMP entre as modalidades simples e duplas masculina estão apresentadas na tabela 2. O tempo mediano de jogo e PSE foram semelhantes entre as modalidades simples e duplas, enquanto a FC média, a FCmáx e o TRIMP foram maiores nos confrontos realizados em modalidade simples em relação à de duplas (Tabela 2).

Tabela 2. Duração de jogo e carga interna em jogos de Badminton da modalidade simples masculina e dupla masculina.

| Variáveis | Simple Masculina (n=46) | Dupla Masculina (n=46) | Total (n=92) |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Duração do jogo (min) ² | 24:20 [19:59 – 34:31] | 23:45 [19:49 – 35:12] | 24:02 [19:54 – 34:51] |
| PSE ² | 115 [71 – 177] | 78 [51 – 146] | 100 [55 – 162.5] |
| FC média (bpm) ¹ | 174 ± 13 | 151 ± 14*** | 163 ± 18 |
| FCmáx (bpm) ¹ | 198 ± 10 | 183 ± 14*** | 190 ± 14 |
| Trimp ¹ | 117,8 ± 46,7 | 86,9 ± 48,6*** | 102,3 ± 48,3 |

¹ Média e desvio padrão

² Mediana e intervalo interquartil de 25% a 75%

***P<0.005, teste t de Student em relação aos jogos de simples

A quantificação da carga pelo Trimp usando método de Edward apresentou alta correlação com a carga interna avaliada pelo método PSE ($r=0,70$, $P<0.001$). No entanto pelo método de Edward foi possível determinar diferenças de tempos de permanência em diferentes zonas de FC quando os atletas realizaram jogos simples e em duplas (figura 3). Os atletas permaneceram mais tempo de jogo nas zonas de 50 a 79% da FCmáx (zonas 1, 2, 3) quando jogaram em duplas (figura 3). Na modalidade simples, os atletas permaneceram mais tempo de jogo acima de 80% da FCmáx (zonas 4 e 5) (figura 3).

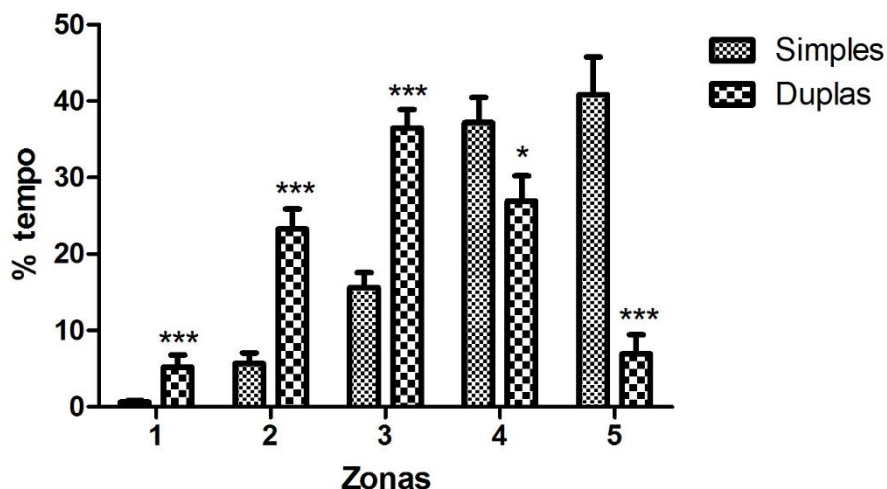


Figura 3. Percentual de tempo de jogo em diferentes zonas de Frequência Cardíaca, em jogos das modalidades simples e duplas. *P<0.05, ***P<0.0001 em relação aos jogos simples, teste t de Student (média e desvio padrão).

Os principais fatores que contribuíram para o aumento da PSE foram o dia de competição, a FCmáx e o número de sets do jogo (tabela 3). Os principais fatores que contribuíram para o aumento da FC média de jogo foram a modalidade (simples/dupla), a posição do jogador na classificação oficial e o tempo de jogo (tabela 4). No entanto, a carga interna avaliada por TRIMP demonstrou que a modalidade (simples/dupla), o avanço nos dias de competição, a FCmáx, idade e o número de sets disputados em cada jogo contribuíram para o aumento da carga interna (tabela 5).

Tabela 3. Análise de regressão linear multivariada da PSE e variáveis do estudo (n=92).

| PSE | Análise Multivariada | | | Análise Multivariada Ajustada | | |
|--|----------------------|-------|----------------------|-------------------------------|-------|----------------------|
| | Coefficiente ± SE | F | P | Coefficiente ± SE | F | P |
| Modalidade (Simples/Dupla) | 25,64 ± 22,93 | 1,25 | 0,26 | | | |
| Idade | -0,89 ± 2,79 | 0,10 | 0,74 | | | |
| Número do jogo do dia | - 1,59 ± 9,22 | 0,02 | 0,89 | | | |
| Dia de competição | 35,32 ± 13,53 | 6,81 | 0,01 | 25,57 ± 8,14 | 8,59 | 0,004 |
| <i>Ranking</i> adversário | -0,61 ± 0,42 | 2,02 | 0,15 | | | |
| <i>Ranking</i> jogador | 1,52 ± 1,17 | 1,71 | 0,19 | | | |
| Resultado do jogo (vitória/derrota) | -28,95 ± 19,49 | 2,20 | 0,14 | | | |
| Número de sets | 115,96 ± 20,46 | 32,15 | <0,001 | 110,30 ± 19,36 | 32,44 | <0,001 |
| FCmáx | 1,47 ± 0,71 | 4,31 | 0,04 | 1,90 ± 0,56 | 11,19 | 0,001 |
| | | | r ² =0,47 | | | r ² =0,43 |

Tabela 4. Análise de regressão linear multivariada da FC média e variáveis do estudo (n=92).

| FC média | Análise Multivariada | | | Análise Multivariada Ajustada | | |
|----------------------------|----------------------|-------|----------------------|-------------------------------|-------|----------------------|
| | Coeficiente ± SE | F | P | Coeficiente ± SE | F | P |
| Modalidade (Simples/Dupla) | 22,8 ± 3,4 | 44,5 | <0,005 | 23,3 ± 2,6 | 75,00 | <0,00005 |
| Idade | -0,33 ± 0,5 | 0,41 | 0,52 | | | |
| Número do jogo do dia | - 0,51 ± 1,6 | 0,09 | 0,75 | | | |
| Dia de competição | -0,26 ± 2,3 | 0,01 | 0,91 | | | |
| Ranking adversário | -0,005 ± 0,07 | 0,00 | 0,95 | | | |
| Ranking jogador | 0,33 ± 0,2 | 2,86 | 0,028 | 0,39 ± 0,12 | 10,05 | 0,002 |
| Resultado do jogo | 1,7 ± 3,3 | 0,26 | 0,61 | | | |
| Número de sets | 0,47 ± 0,1 | 10,36 | 0,001 | 0,45 ± 0,13 | 11,98 | 0,0008 |
| | | | r ² =0,52 | | | r ² =0,52 |

Tabela 5. Análise de regressão linear multivariada do TRIMP e variáveis do estudo (n=92).

| TRIMP | Análise Multivariada | | | Análise Multivariada Ajustada | | |
|----------------------------|----------------------|-------|----------------------|-------------------------------|-------|----------------------|
| | Coeficiente ± SE | F | P | Coeficiente ± SE | F | P |
| Modalidade (Simples/Dupla) | 23,08 ± 8,37 | 7,59 | 0,007 | 20,52 ± 7,18 | 8,15 | 0,005 |
| Idade | 3,54 ± 1,01 | 12,26 | 0,0007 | 3,51 ± 0,99 | 12,57 | 0,0006 |
| Número do jogo do dia | 4,63 ± 3,42 | 1,83 | 0,17 | | | |
| Dia de competição | 9,35 ± 4,75 | 3,86 | 0,05 | 9,65 ± 3,22 | 8,98 | 0,003 |
| Ranking adversário | -0,07 ± 0,15 | 0,22 | 0,63 | | | |
| Ranking jogador | 0,12 ± 0,42 | 0,08 | 0,77 | | | |
| Resultado do jogo | -0,98 ± 7,21 | 0,01 | 0,89 | | | |
| Número de sets | 54,15 ± 7,57 | 51,05 | 0,000000 | 56,30 ± 7,30 | 59,45 | 0,000000 |
| FCmáx | 1,61 ± 0,26 | 38,25 | 0,000000 | 1,57 ± 0,24 | 42,36 | 0,000000 |
| | | | r ² =0,72 | | | r ² =0,71 |

Considerando que a idade parece ser um fator que influencia a carga interna, os sujeitos foram avaliados em relação a categoria de faixa etária. Não houve diferenças entre o tempo de partida de jogos simples e duplas nas diferentes categorias (tabela 6). A PSE foi mais elevada nos indivíduos adultos, porém sem diferenças significativas entre nenhuma das faixas etárias em jogos simples e em duplas. Os parâmetros de FC foram mais elevados nos jogos simples nas três

categorias de faixa etária (tabela 6). O tempo de partida e o TRIMP de jogos simples e duplas foram maiores na categoria adulta em relação à sub-17 (tabela 6).

Tabela 6. Descrição da duração de jogo, frequência cardíaca média e máxima e TRIMP nas modalidades simples e duplas das categorias Sub-17, Sub-19 e Adulta.

| | Simple (n=46) | Dupla (n=46) | Total |
|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Duração do jogo (min) | | | |
| Sub-17 (n=41) ¹ | 23:19 ± 8:32 | 23:02 ± 5:18 | 23:11 ± 6:55 |
| Sub-19 (n=23) ¹ | 29:48 ± 7:42 | 30:35 ± 14:45 | 30:12 ± 11:14 |
| Adulto (n=28) ¹ | 35:04 ± 12:12 ^a | 33:46 ± 13:05 ^a | 34:25 ± 12:24 |
| PSE | | | |
| Sub-17 ² | 102 [57 – 140] | 75 [52 – 100] | 95 [50 – 123] |
| Sub-19 ² | 116 [70 -189] | 62 [46 – 240] | 105 [61 – 218] |
| Adulto ² | 150 [72 – 200] | 160 [57 – 177] | 150 [57 – 177] ^a |
| FC média (bpm) | | | |
| Sub-17 ¹ | 174,31 ± 14,23 | 150,10 ± 11,55*** | 162,70 ± 17,71 |
| Sub-19 ¹ | 173,33 ± 12,06 | 148,18 ± 19,18*** | 161,82 ± 20,45 |
| Adulto ¹ | 175,38 ± 15,82 | 154,93 ± 13,58** | 164,42 ± 17,74 |
| FCmáx (bpm) | | | |
| Sub-17 ¹ | 197,85 ± 10,46 | 184,50 ± 9,90*** | 180,92 ± 11,90 |
| Sub-19 ¹ | 195,91 ± 8,88 | 177,63 ± 16,78** | 187,69 ± 16,26 |
| Adulto ¹ | 201,46 ± 12,22 | 186,40 ± 13,58* | 193,39 ± 16,20 |
| TRIMP | | | |
| Sub-17 ² | 96.05 [75.11 – 105.96] | 61.89 [49.51 – 91.54]* | 77.42 [58.53 – 100.94] |
| Sub-19 ² | 127.49 [95.26 – 136.15] | 87.52 [41.88 – 100.07]** | 98.26 [74.19 – 131.47] |
| Adulto ² | 143.65 [135.28 – 172.21] ^a | 96.59 [68.34 – 155.19] ^a | 117.41 [75.56 – 145.67] ^{aa} |

¹Média e desvio-padrão, teste t não pareado

²Mediana e intervalo interquartil de 25% a 75%, teste U de Mann-Whitney

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.005 entre as modalidades simples e duplas

^aP<0.05, ^{aa}P<0.01 em relação a categoria Sub-17, teste de Dunn.

Os jogadores sub-17 e sub-19 permanecem mais tempo na zona 1, nos jogos de duplas (figura 4a e 4b). Nas três categorias, os jogadores de duplas permanecem mais tempo nas zonas 2 e 3, em relação a jogos simples. Nas categorias sub-17 e sub-19, os jogadores de duplas permanecem menos tempo nas zonas 4 e 5, em relação aos jogos simples (figura 4b). Porém, na categoria adulta, os jogos de duplas permaneceram por maior tempo na zona 4 e menor na zona 5 (figura 4c).

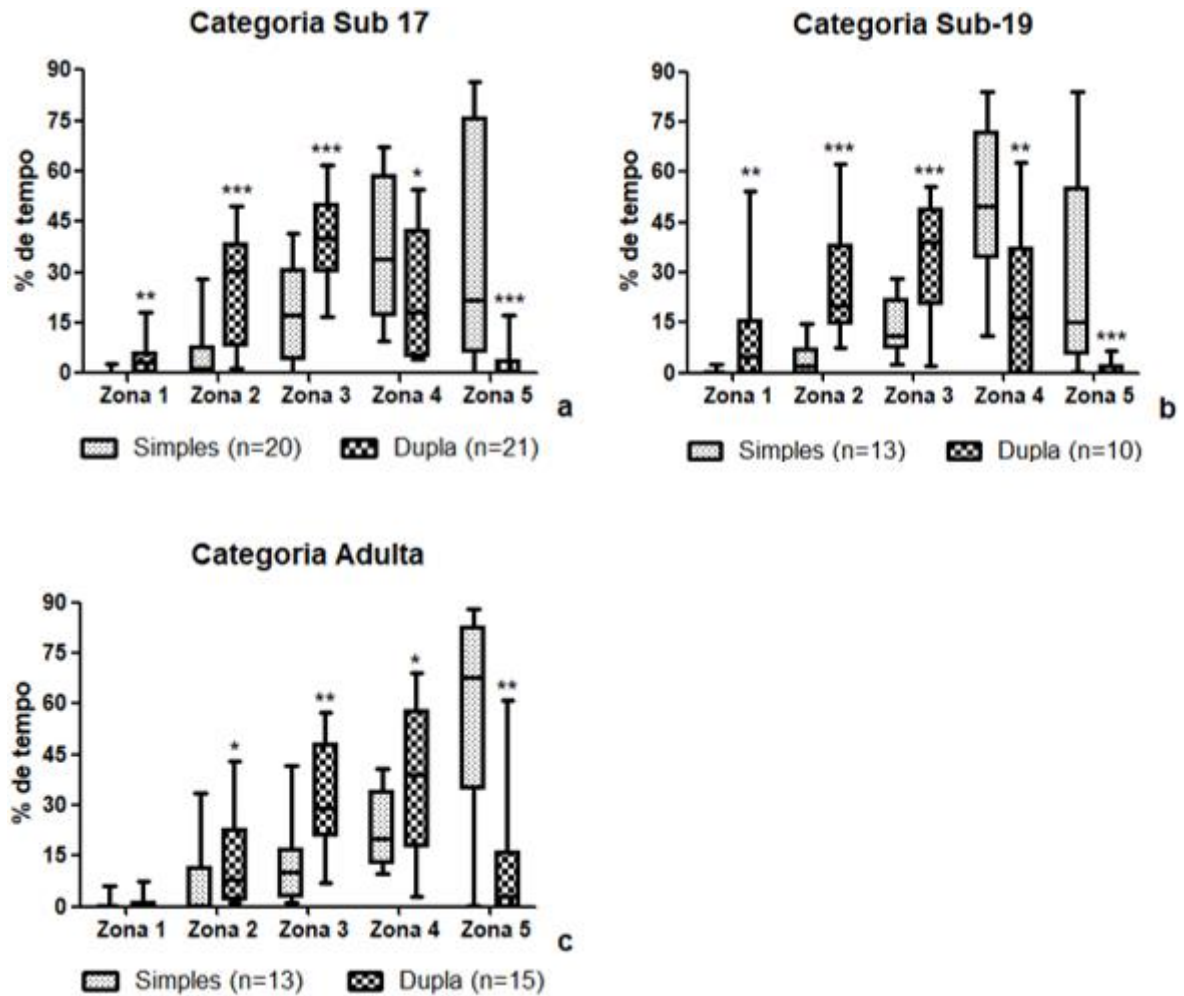


Figura 4. Mediana da porcentagem de tempo em permanência em diferentes zonas de intensidade de frequência cardíaca em jogos simples e duplas masculino de Badminton em diferentes faixas etárias. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.005$ em relação aos jogos simples, teste U de Mann-Whitney.

Em relação a carga interna percebida ao longo dos dias da competição, foi observado o aumento da intensidade da carga por PSE no último dia de competição, em relação ao primeiro e segundo dias (figura 5).

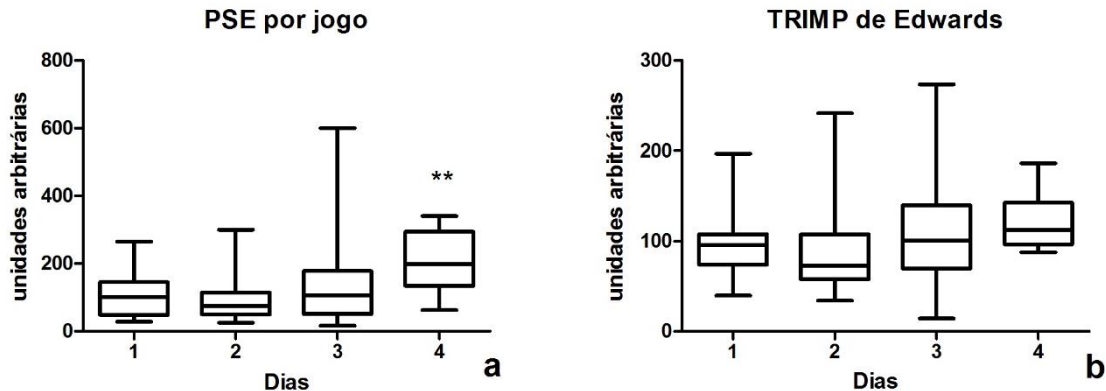


Figura 5. Carga interna pelo método PSE (a) e método TRIMP de Edwards (b) nos jogos realizados em diferentes dias de competição. ** $P < 0.01$ em relação ao primeiro e segundo dia de competição, teste de Dunn.

Discussão

Os principais achados do estudo demonstram que jogos de Badminton apresentam desempenho em zonas de alta FC para jogos simples, enquanto os jogos em duplas permanecem em zonas de intensidade moderada. A intensidade dos jogos também parece ser influenciada por outros fatores característicos da modalidade e competição, tais como o *ranking* do jogador, idade, número de *sets* por jogo, dias consecutivos de competição, FC_{máx} e tempo de jogo. A avaliação da intensidade de jogo pelo método TRIMP de Edwards parece ser um método mais sensível para determinação das demandas de jogos simples e em duplas e na determinação das diferenças de intensidade em diferentes categorias de idade, em relação ao método PSE. Além disso, fatores intrínsecos ao atleta (idade) e extrínsecos (relacionados às condições do campeonato) e modalidade disputada apresentaram maior influência sobre a intensidade avaliada pelo método de Edward.

Diferentes desportos tem utilizado a FC para monitorar a carga interna durante o momento competitivo, como o basquetebol (BEN ABDELKRIM *et al.*, 2010; SANDERS *et al.*, 2018), handebol (CHELLY *et al.*, 2011; PÓVOAS *et al.*, 2014), rugby (BLAIR *et al.*, 2018), tênis (KILIT *et al.*, 2016), tênis de mesa (ZAGATTO, MOREL e GOBATTO, 2010), polo aquático (BOTONIS, TOUBEKIS e PLATANOU, 2015), esqui *cross-country* (FORMENTI *et al.*, 2014), mountain bike (SPERLICH *et al.*, 2012), beisebol (CORNELL *et al.*, 2017), muay thai (CAPPAL *et al.*, 2017) e Badminton (ABIAN *et al.*, 2015b; BISSCHOFF, COETZEE e ESCO, 2016; ABDULLAHI, COETZEE e VAN DEN BERG, 2017). No Badminton, apenas Alcock e Cable (2009)

compararam jogos das modalidades simples e duplas. Os autores identificaram que partidas simuladas da modalidade simples apresentaram uma maior intensidade em relação à de duplas (ALCOCK e CABLE, 2009), corroborando com os achados do presente estudo. Resultados similares também foram encontrados no tênis, em que os jogos de duplas apresentaram uma FC média de $130 \pm 16,6$ bpm e os jogos de simples $154,1 \pm 16,9$ bpm, alcançando $32,6 \pm 12,6\%$ da FC de reserva e $60,5 \pm 13,2\%$ da FC de reserva, respectivamente (MORGANS *et al.*, 1987). Também, verificamos que nos jogos de simples, os atletas permaneceram mais tempo em intensidade acima de 80% da FC_{máx}, enquanto nas duplas, manteve-se entre 50-79% da FC_{máx}. No estudo de Abdullahi, Coetzee e Van Den Berg (2017), atletas de elite permaneceram $54,14 \pm 24,51\%$ do tempo de jogo de simples em alta intensidade ($>80,1\%$ FC_{máx}) e apenas $10,67 \pm 12,51\%$ FC_{máx} em baixa intensidade ($<60\%$ FC_{máx}). Os resultados apontam que os jogos oficiais de Badminton transcorrem em uma intensidade alta, com valores entre 80%-85% da FC_{máx} dos atletas, demonstrando uma demanda significativa do sistema anaeróbio (ABIAN *et al.*, 2015b; BISSCHOFF, COETZEE e ESCO, 2016; ABDULLAHI, COETZEE e VAN DEN BERG, 2017). Sugere-se que devido a essa diferença entre as modalidades, o treinamento deve ser planejado de forma individualizada e específica.

Um dos fatores que influenciam na intensidade dos jogos é o número de *sets* por partida. Um *set* simulado de tênis resultou em uma FC média de 138 ± 15 bpm e apenas 9,1% do tempo em alta intensidade, prevalecendo o tempo em baixa intensidade (49,6%) (BAIGET *et al.*, 2015). Gomes *et al.* (2011) demonstraram que durante uma partida oficial de tênis em que os atletas jogaram 4 *sets*, a FC média e o tempo em zonas de maior intensidade aumentaram a cada *set* disputado. Por outro lado, Roy *et al.* (2006) não observaram diferença na FC média e percentual da FC_{máx} entre os *sets*, apenas entre o número de jogos de tênis de cadeira de rodas, o que acarreta no estresse metabólico e cardiovascular a nível moderado a alto (ROY *et al.*, 2006; GOMES *et al.*, 2011). No presente estudo, o número de *sets* disputados apresentou influência sobre as medidas de carga interna por TRIMP de Edwards e PSE, sugerindo que a imposição de um *set* a mais para o desfecho da partida promove um aumento significativo da carga interna. Por outro lado, o número de jogos realizados por dia não apresentou associação com a carga interna reportada ou mensurada nos atletas.

Um torneio de tênis com duração de 5 dias e 24 h de recuperação entre os jogos, a FC média tem uma tendência a aumentar a partir do terceiro jogo (OJALA e HAKKINEN, 2013). Os achados do presente estudo sugerem que assim como observado no tênis, a carga interna e as demandas fisiológicas aumentam ao longo dos dias da competição de Badminton, mas de forma mais evidente pelo método de PSE.

Embora constatado que o *ranking* do jogador é uma variável que influencia na intensidade do jogo, Gomes et al. (2011) encontraram resultados divergentes ao reportado no presente estudo. Os autores reportaram o caso clínico de um atleta de tênis melhor rankeado que perdeu a partida e apresentou uma maior FC média, FC_{máx} e tempo nas zonas de intensidade moderada e alta comparado ao adversário (GOMES *et al.*, 2011). Embora o atleta estivesse em melhores condições físicas, era mais jovem e perdeu os dois primeiros *sets* (GOMES *et al.*, 2011). Isso pode justificar os achados, uma vez que o tênis também exige uma interação entre outros importantes componentes: técnicos, táticos e psicológicos (KOVACS, 2007). Os resultados sugerem que a experiência do jogador pode estar associada com a demanda fisiológica exigida em competição, independente do resultado do jogo e do nível do adversário.

Outros fatores que podem influenciar na intensidade são a duração do *rally*, tempo de pausa entre os *rallies*, número de golpes por jogada e mudanças de direção (FERNANDEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2007). Nesse sentido os jogos de simples masculino apresentam *rallies* mais longos em relação às duplas com menor tempo de pausa entre os *rallies* (GAWIN, BEYER e SEIDLER, 2017). Investigações recentes apontam que nos Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro em 2016, a duração dos *rallies* nos jogos de simples masculina foi de $9,5 \pm 7,9$ segundos (CHIMINAZZO *et al.*, 2018), enquanto nos jogos de duplas foi de $6,4 \pm 1,6$ segundos (ABIAN-VICEN *et al.*, 2017). Além disso, as pausas entre os *rallies* foi de $24,9 \pm 16,1$ segundos em jogos de simples e $30,0 \pm 5,1$ segundo em jogos de duplas (ABIAN-VICEN *et al.*, 2017; CHIMINAZZO *et al.*, 2018). Estes fatores podem estar associados com as diferenças percentuais de permanência dos atletas de diferentes modalidades em diferentes zonas de intensidade.

A duração do jogo e condição (simulado ou oficial) são variáveis que também parecem ter influência nos níveis de intensidade (MAJUMDAR *et al.*, 1997; CABELLO MANRIQUE e GONZÁLEZ-BADILLO, 2003; CABELLO *et al.*, 2004; FAUDE *et al.*,

2007; GHOSH, 2008; ABIAN *et al.*, 2015b; LAFFAYE, PHOMSOUPHA e DOR, 2015; BISSCHOFF, COETZEE e ESCO, 2016). Pesquisas destacam que jogos simulados de Badminton alcançam uma menor FC média e FCmáx (FAUDE *et al.*, 2007; ABIAN *et al.*, 2015b) comparado às competições (CABELLO MANRIQUE e GONZÁLEZ-BADILLO, 2003; CABELLO *et al.*, 2004; BISSCHOFF, COETZEE e ESCO, 2016). Resultados semelhantes também foram encontrados no tênis de mesa (ZAGATTO, MOREL e GOBATTO, 2010; ZHANG *et al.*, 2010; SPERLICH *et al.*, 2011). Uma possível justificativa é que nos jogos simulados a duração do jogo não condiz com o oficial e os atletas não desempenham esforço máximo nas tarefas (FAUDE *et al.*, 2007; ABIAN *et al.*, 2015b). Abdullahi, Coetzee e Van Den Berg (2017) apontam a importância de avaliar os atletas em situações competitivas para obter respostas mais precisas, o que pode auxiliar na elaboração de projetos de treinamento adequados.

Em nosso estudo, a duração do jogo e o TRIMP foram maiores na categoria adulta em relação ao sub-17. Campeonatos africanos na modalidade simples masculina sub-19 e adulta obtiveram a duração média dos jogos de 35:31 ± 14:40 minutos (ABDULLAHI, COETZEE e VAN DEN BERG, 2017), enquanto nos Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro de 2016 foi de 45:45 ± 15:28 minutos (CHIMINAZZO *et al.*, 2018). Em contrapartida, jovens atletas apresentaram um tempo de jogo de 23:31 ± 7:02 minutos (FERNANDEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2013), inferior aos estudos anteriores com atletas de categorias sub-19 e adulta e similar a categoria sub-17 reportado pelo nosso estudo. Uma explicação para os resultados encontrados pode estar relacionada ao tempo de *rally* e pausa de recuperação entre os mesmos, já que jovens atletas apresentam menor tempo de ambos (FERNANDEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2013) comparado a outras categorias (ABDULLAHI, COETZEE e VAN DEN BERG, 2017; CHIMINAZZO *et al.*, 2018).

Além disso, não encontramos diferença na FC média e FCmáx entre as categorias sub-17, sub-19 e adulta, divergindo dos resultados apresentados pela literatura até o momento (FERNANDEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2013; ABIAN *et al.*, 2015b; BISSCHOFF, COETZEE e ESCO, 2016; ABDULLAHI, COETZEE e VAN DEN BERG, 2017). Os resultados sugerem que a diferença de categorias parece não ser uma variável determinante na FC média e FCmáx dos atletas.

Conclusão

Durante competição oficial, partidas da modalidade simples são mais intensas em relação às duplas e fatores como o *ranking* do jogador, idade, número de sets por jogo, dias consecutivos de competição, FCmáx e duração da partida parecem influenciar na carga interna dos jogos. Dessa forma, conclui-se que a elaboração dos programas de treinamento deve ser distinta entre as modalidades, visando adequá-los para cada atleta.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Associação Amigos do Badminton (Toledo, Paraná, Brasil), Centro de Formação e Excelência em Badminton Murialdo (CFEB Murialdo, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil), Associação Miratus de Badminton (Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil), Badminton Blumenau Clube (Blumenau, Santa Catarina, Brasil), Santa Mônica Clube de Campo (Curitiba, Paraná, Brasil), Ibirama Badminton (Ibirama, Santa Catarina, Brasil) e a Confederação Brasileira de Badminton. Agradecemos também a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil) pelo apoio financeiro de bolsas de estudo a SP (nº 1798841).

Declaração de interesse

Nenhum conflito de interesse foi relatado pelos autores.

Financiamento

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior-CAPES (n. de concessão 1798841/2018).

4.2 ARTIGO 2

Efeitos da fototerapia no desempenho de saltos verticais e preensão manual durante uma competição nacional de Badminton: um ensaio clínico, randomizado, duplo cego e controlado

Lilian Keila Barazetti. Doutoranda em Educação Física. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil.

Susana Padoin. Mestranda em Educação Física. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil.

Fernando de Souza Campos. Graduando em Educação Física, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Brasil.

Thuany Bezerra Moreira. Residente em Patologia Clínica. Hospital Veterinário. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil.

Solange de Paula Ramos. Grupo de Estudos em Regeneração, Adaptação e Reparo Tecidual. Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil.

Autor de correspondência:

Solange de Paula Ramos

Universidade Estadual de Londrina – Centro de Ciências Biológicas

Rodovia Celso Garcia Cid PR 445 km 380

Londrina, Paraná, Brasil

CEP: 86055-900

E-mail: ramossilange@uel.br

Resumo

Objetivo: Avaliar os efeitos da terapia com diodos emissores de luz (LEDT) no desempenho muscular em atletas de Badminton durante uma competição nacional.

Métodos: Vinte e cinco atletas do sexo masculino, engajados em categorias simples e duplas participaram do estudo. Os atletas foram aleatoriamente alocados nos grupos fototerapia (LEDT, n= 11) e Controle (n= 14). A fototerapia (630 nm, 4,6 J/cm², 6 J por ponto) foi aplicada em 31 pontos nos membros inferiores e ombro dominante, todos os dias antes do primeiro jogo. O salto vertical com agachamento (SVA), salto vertical com contramovimento (SVC) e força de preensão manual (FPM) foram registrados antes do primeiro jogo (Pré) e após cada partida ao longo da competição. Diferenças entre os tratamentos e momentos foram avaliadas através dos testes ANOVA de medidas repetidas e ANOVA *two-way*, considerando $P < 0.05$.

Resultados: Os atletas que jogaram três ou mais jogos por dia apresentaram melhora na altura do SVA, com efeito do tratamento com LEDT ($F = 5.0$, $P = 0.04$). Após jogos sucessivos, a FPM aumentou em ambos os grupos com efeito para a LEDT ($F = 11.6$, $P = 0.006$). Por outro lado, o SVC também melhorou em ambos os grupos, mas sem efeito da LEDT.

Conclusão: A fototerapia resultou na melhora do desempenho no SVA e FPM em atletas de Badminton durante jogos sucessivos realizados no mesmo dia.

Palavras-chave: Terapia com luz de baixa intensidade. Performance esportiva. Esportes com raquete.

Introdução

O Badminton é um esporte de raquete jogado *indoor* que envolve uma ampla variedade de ações de curta duração e alta intensidade, movimentos rápidos com o braço e saltos (CABELLO MANRIQUE e GONZÁLEZ-BADILLO, 2003; GHOSH, 2008; LAFFAYE, PHOMSOUPHA e DOR, 2015). É o mais veloz dentre os esportes de raquete e em virtude de sua característica, exige ótimos níveis de condicionamento físico e domínio técnico-tático (FAUDE *et al.*, 2007; HUSSAIN *et al.*, 2011), além de demandar um sistema aeróbio e anaeróbio satisfatório (JAWORSKI e ZAK, 2015).

As competições oficiais de Badminton ocorrem entre 3 a 5 dias consecutivos, de modo que os atletas podem disputar entre 1 a 3 jogos diários (ABIAN-VICEN *et al.*, 2014; ABDULLAHI, COETZEE e VAN DEN BERG, 2017). Estudos apontam que a fadiga acumulada devido aos jogos congestionados em modalidades como o tênis, hóquei e futebol, afeta a condição física e tática dos atletas, compromete a precisão do saque e dos movimentos, afeta negativamente os estados de humor e aumenta os sinais e sintomas de dano muscular e dor (SPENCER *et al.*, 2005; GIRARD e MILLET, 2008; ROWSELL *et al.*, 2011; OJALA e HAKKINEN, 2013; FREITAS *et al.*, 2014; REID e DUFFIELD, 2014; GESCHEIT *et al.*, 2015; GESCHEIT *et al.*, 2016; MOREIRA *et al.*, 2016). Para minimizar esses efeitos, terapias como contraste e imersão em água fria (GILL, BEAVEN e COOK, 2006), alongamento estático (POOLEY *et al.*, 2017), suplementação nutricional (ALGHANNAM, GONZALEZ e BETTS, 2018; MACHADO *et al.*, 2018; RAWSON, MILES e LARSON-MEYER, 2018) e roupas de compressão (DUFFIELD *et al.*, 2008; GOTO, MIZUNO e MORI, 2017), tem sido usadas. Embora essas estratégias melhorem a recuperação percebida, decréscimos no desempenho não foram inibidos de forma satisfatória (DUFFIELD *et al.*, 2008; ROWSELL *et al.*, 2011; BAHNERT, NORTON e LOCK, 2013).

A fototerapia empregando fontes com diodos emissores de luz (LEDT) ou Laser (*light amplification by stimulated emission of radiation*) pode ser utilizada no exercício como recurso ergogênico ao melhorar o desempenho (NAMPO *et al.*, 2016a; FISHER *et al.*, 2018). Estudos revelam que a terapia com LED pode aumentar o tempo de exaustão do exercício (DE MARCHI *et al.*, 2012; NAMPO *et al.*, 2016a; ROSSATO *et al.*, 2016; FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2018; FISHER *et al.*, 2018), o pico de torque (NAMPO *et al.*, 2016a) e o número de repetições nas contrações concêntricas tanto de membros inferiores quanto superiores (DE ALMEIDA *et al.*, 2012; NAMPO *et al.*,

2016a), o que pode ser essencial para a manutenção ou melhora do desempenho no Badminton.

A irradiação tecidual com baixos níveis de energia (10 a 1000 mW) e comprimentos de onda variando do espectro vermelho ao infravermelho próximo (600 a 1000 nm) pode interagir com tecidos vivos, evocando as diversas respostas biológicas conhecidas como fenômeno de fotobiomodulação. A enzima mitocondrial citocromo c oxidase (Cco) é conhecida como um dos fotoceptores primários, aumentando a síntese de ATP sob irradiação de luz de baixo nível (HAYWORTH *et al.*, 2010; FARIVAR, MALEKSHAHABI e SHIARI, 2014; FERRARESI *et al.*, 2015b). A melhora da biossíntese de ATP leva a modulação secundária do RNA mensageiro, síntese de proteínas e alterações no balanço redox celular (HUANG *et al.*, 2009; HAYWORTH *et al.*, 2010; AYUK, ABRAHAMSE e HOURELD, 2018), no qual esses efeitos podem contribuir para o retardo da fadiga, adaptação tecidual e rápida recuperação física após o exercício agudo (DE MARCHI *et al.*, 2017; DE OLIVEIRA *et al.*, 2017; FISHER *et al.*, 2018).

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da fototerapia (630 nm) no desempenho muscular em atletas de Badminton durante uma competição nacional. Nossa hipótese era de que o LEDT promoveria um efeito ergogênico significativo ao melhorar ou manter o desempenho físico dos atletas.

Material e Método

Sujeitos

Vinte e nove atletas do sexo masculino, participantes do Campeonato Nacional Brasileiro de Badminton, em março de 2018, foram convidados a participar deste estudo por meio de contato direto na abertura da competição. Os atletas integravam as categorias sub-17, sub-19 e adulta e eram ranqueados da 1^a a 44^a posição no *ranking* oficial de atletas nacionais da Confederação Brasileira de Badminton (2018). Após os atletas e seus responsáveis serem informados sobre os procedimentos do estudo, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos da Universidade do Oeste do Paraná - Marechal Cândido Rondon, sob o parecer número 2.515.358/2018.

Desenho experimental

Os critérios de exclusão adotados foram apresentar qualquer lesão traumática que prejudicasse os testes de saltos verticais e de preensão manual ou não realizar alguma das avaliações pré e após os jogos. Antes do primeiro jogo do dia, foram realizados os testes de altura dos saltos com agachamento (SVA) e com contramovimento (SVC), força de preensão manual (FPM) e aplicação da fototerapia com um equipamento de LEDT. Imediatamente após cada jogo, os atletas realizaram novamente os testes de SVA, SVC e FPM.

Alocação nos grupos experimentais

Os atletas foram classificados com base no *Ranking* Nacional de Badminton para equiparar-los pelo nível de competição nos grupos Controle e LEDT. Após, cada par de atletas foi aleatoriamente randomizado para receber Controle ou LEDT. A alocação dos atletas nos grupos experimentais foi feita por um pesquisador que não participou das análises dos dados.

O esquema de distribuição dos atletas durante os dias de competição foi demonstrado na figura 6.

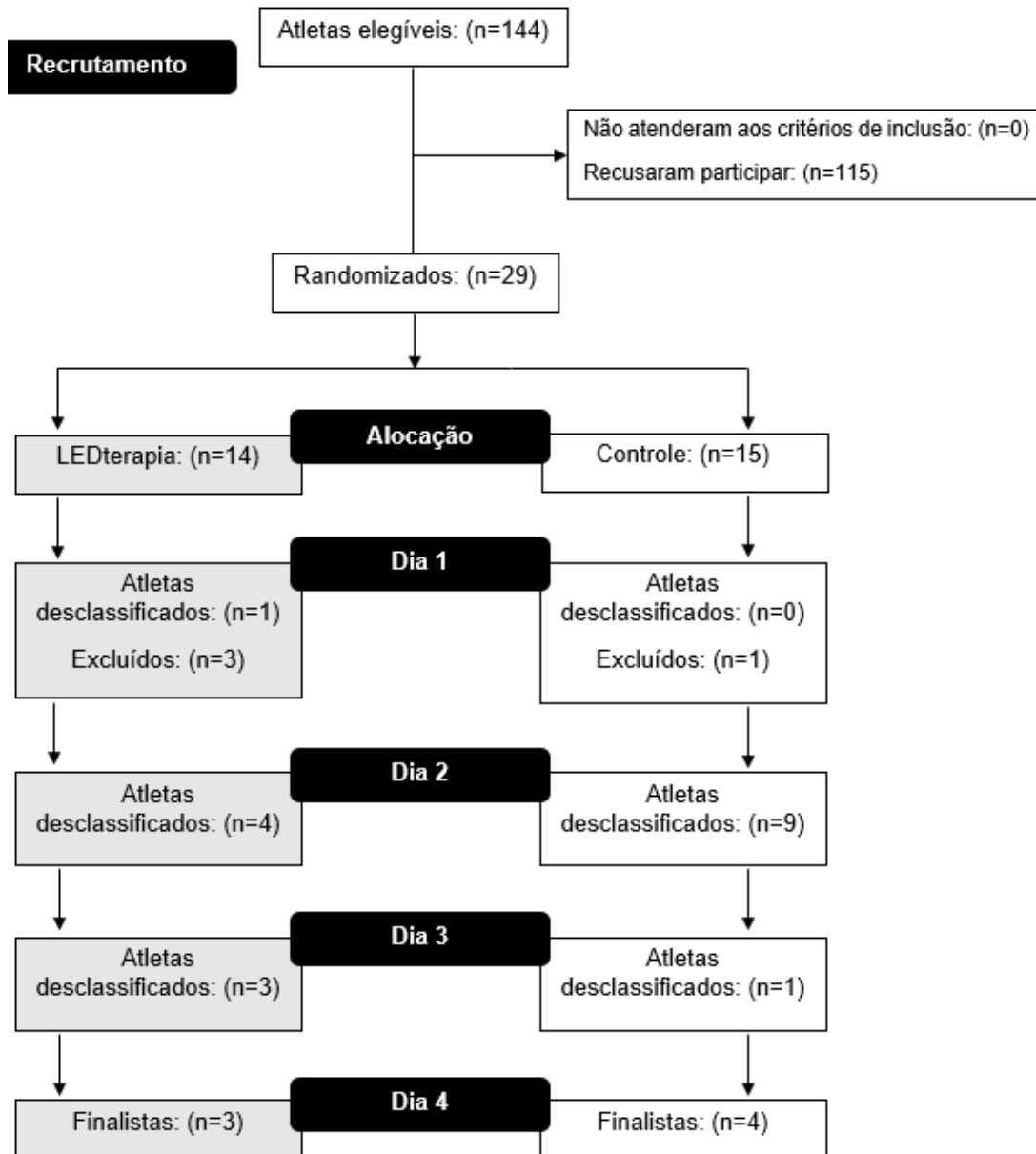


Figura 6. Esquema de distribuição dos atletas pelos dias de competição durante o Campeonato Nacional de Badminton.

Fototerapia com diodos emissores de luz

O LEDT foi aplicado trinta minutos antes do primeiro jogo de cada dia com o equipamento Bios Therapy II (Bios indústria e comércio de equipamentos médicos LTDA®, São José dos Campos, Brasil) emitindo um comprimento de luz vermelha de 630 nm. A irradiação foi realizada em 31 pontos, em ambos os membros inferiores e ombro dominante, com a sonda de forma estacionária e em contato com a pele (figura 7). Foram irradiados 20 segundos por ponto, administrando uma densidade de energia de 4,6 J/cm² e uma energia de 6 J por ponto. Foi irradiado uma energia total de 84 J

em cada perna e 18 J no membro superior dominante. A sonda tinha uma potência de saída de 300 mW, densidade de potência de 230 mW/cm² e uma área de 1,32 cm² por ponto. Já o grupo Controle foi posicionado sobre a maca, nas mesmas posições e condições que o grupo LEDT, porém, com o equipamento desligado.

Em todos os tratamentos os atletas foram orientados a usar uma venda de proteção ocular e fones de ouvido com música para evitar a identificação do grupo de alocação.



Figura 7. Pontos de aplicação (círculos pretos) usados para a LEDT.

Salto vertical com agachamento e salto vertical com contramovimento

A força explosiva e reativa dos membros inferiores dos atletas foi avaliada indiretamente antes do primeiro jogo do dia (Pré) e após cada jogo em um tapete de contato conectado a um *software* de computador (*Jump System Pro*, CEFISE, Nova Odessa, São Paulo, Brasil), seguindo o protocolo proposto por Bosco, Luhtanen e Komi (1983). Os atletas realizaram três SVA e SVC, respectivamente, com intervalo de 10 segundos entre as tentativas. O melhor salto foi registrado para fins estatísticos.

Força de preensão manual

A FPM foi mensurada no membro dominante imediatamente antes do primeiro jogo diário (Pré) e após cada jogo do dia com o Dinamômetro Smedley Mecânico – Takey (Cardiomed, Curitiba, Paraná, Brasil). Os atletas permaneceram em pé na posição ereta, com os braços estendidos e o antebraço em rotação neutra. Eles foram instruídos a exercer força máxima em cada uma das três tentativas, com 5 segundos de intervalo entre elas, e a melhor medida foi registrada.

Análise estatística

A distribuição de normalidade dos dados foi verificada com o teste de Kolmogorov-Smirnov (para variáveis com menos de 10 sujeitos) com correção de Dallal-Wilkinson-Lilliefor e teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram expressos em média e desvio-padrão (distribuição paramétrica) ou mediana e intervalo interquartil (distribuição não-paramétrica). Para diferenças nos testes de desempenho coletados antes do primeiro jogo diário (Pré) e imediatamente após cada jogo, o teste de ANOVA de medidas repetidas com pós *hoc* de Tukey foi usado. Para análise do efeito de diferentes tratamentos e tempo nas variáveis, utilizou-se ANOVA *two-way* e pós *hoc* de Bonferroni. Diferenças foram consideradas significativas se $P < 0.05$. A análise dos dados foi realizada com o *software* GraphPad Prism versão 5.01 (*GraphPad Software, La Jolla, CA, USA*).

Resultados

As características dos atletas e o número de partidas jogadas por dia foram demonstradas na tabela 7. Não houve diferença ($P > 0.05$, teste U de Mann-Whitney) entre os grupos.

Tabela 7 - Características dos atletas e número de partidas analisadas por dia.

| | Controle | LEDT | Total |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| Número de atletas | 14 | 11 | 25 |
| Idade (anos) ² | 17.88 | 16.21 | 17.18 |
| | [16.03 – 21.11] | [15.81 – 17.73] | [15.86 – 19.99] |
| Estatura (cm) ² | 177.5 | 178.0 | 178.0 |
| | [175.0 – 183.3] | [170.0 – 180.0] | [175.0 – 180.5] |
| Massa corporal (Kg) ¹ | 69,07 ± 12,12 | 68,60 ± 7,10 | 68,86 ± 10,04 |
| Mediana de partidas jogadas por dia pelo atleta | 01 [01 – 2.5] | 02 [01 – 03] | 02 [01 – 03] |
| Mínimo de partidas jogadas por dia pelo atleta | 01 | 01 | 01 |
| Máximo de partidas jogadas por dia pelo atleta | 04 | 06 | 06 |
| Total de jogos analisados | 48 | 49 | 97 |
| | Controle | LEDT | Total |

¹ Média ± desvio-padrão, P>0.05, teste t não pareado

² Mediana (intervalo interquartil 25 a 75%), P>0.05, teste U de Mann-Whitney.

Salto vertical com agachamento e salto vertical com contramovimento

Os atletas jogaram diferentes números de partidas por dia e os SVA e SVC foram avaliados antes (Pré) e depois de cada partida. Foram monitorados 29 jogos depois da primeira partida diária no grupo Controle e 27 jogos no grupo LEDT. Destes, 14 atletas jogaram um segundo jogo no mesmo dia no grupo Controle e 17 no grupo LEDT. Cinco jogadores completaram partidas adicionais (3 a 4) no grupo Controle e 9 sujeitos (3 a 6 jogos) no grupo LEDT.

A altura do SVA aumentou significativamente em ambos os grupos após o primeiro jogo (figura 8a). A melhora na altura do salto teve interação com o tempo (F= 4.36, P= 0.04, ANOVA *two-way*), mas não com a LEDT (F= 0.25, P= 0.62, ANOVA *two-way*) (figura 8a). Os sujeitos do grupo Controle que jogaram uma segunda partida no mesmo dia, não apresentaram diferenças significativas do Pré para o Pós no primeiro e segundo jogos (P>0.05, ANOVA de medidas repetidas). Enquanto o grupo LEDT aumentou significativamente a altura do SVA após o segundo jogo (P<0.005,

ANOVA de medidas repetidas). Depois do segundo jogo, a altura do salto teve uma interação com o tempo ($F= 8.73$, $P= 0.005$, ANOVA *two-way*), mas não com a LEDT ($F= 3.17$, $P= 0.08$, ANOVA *two-way*) (figura 8b). Os atletas que jogaram 3 ou mais jogos por dia no grupo Controle aumentaram a altura do salto depois do último jogo ($P<0.05$, ANOVA de medidas repetidas), enquanto o grupo LEDT apresentou aumento após todos os jogos em relação ao Pré ($P<0.05$, ANOVA de medidas repetidas). Posteriormente ao último jogo, a altura do salto interagiu com o tempo ($F= 8.33$, $P= 0.002$, ANOVA *two-way*) e com a LEDT ($F= 5.05$, $P= 0.04$, ANOVA *two-way*) (figura 8c).

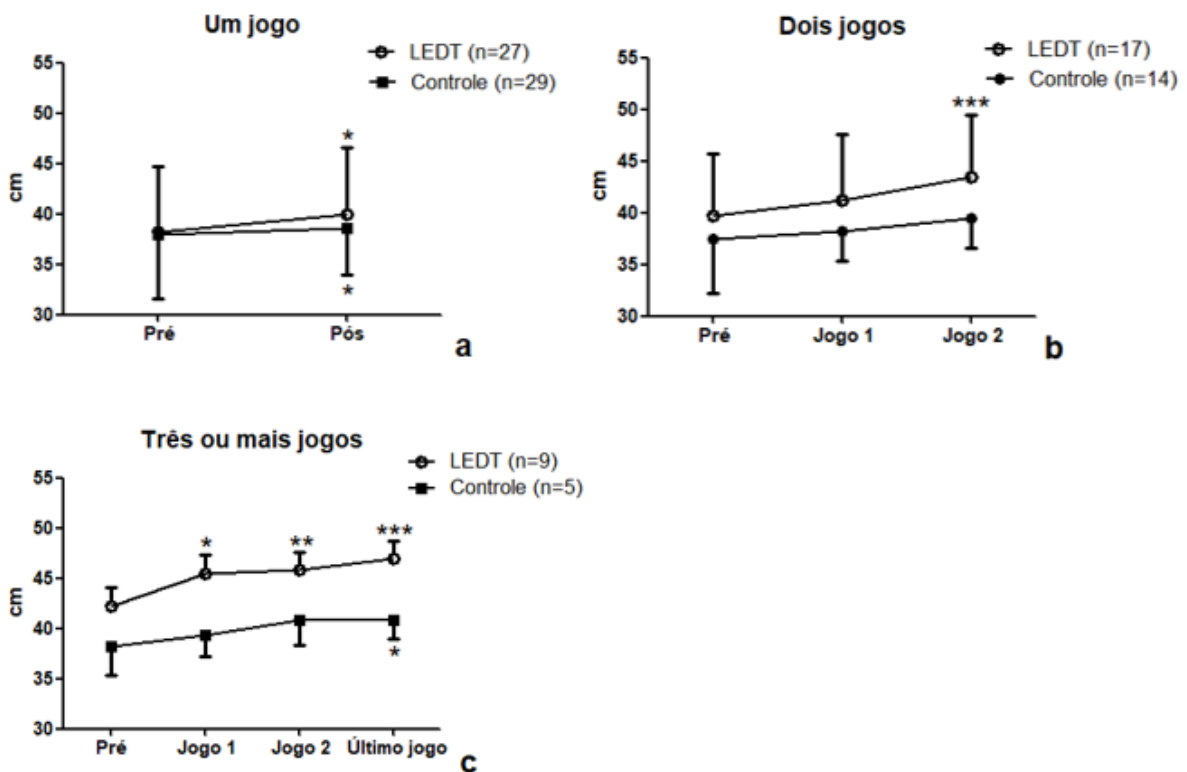


Figura 8. Média \pm desvio-padrão da altura do salto vertical com agachamento em atletas de Badminton que jogaram um único jogo (a), dois jogos (b) e três ou mais jogos (c) por dia de competição. * $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.005$ em relação ao Pré (teste de Tukey).

O SVC aumentou significativamente apenas no grupo LEDT ($P<0.005$, teste de Wilcoxon) após o primeiro jogo do dia (figura 9a). A melhora na altura do salto teve uma interação com o tempo ($F= 20.27$, $P<0.001$, ANOVA *two-way*), mas não com a LEDT ($F= 0.02$, $P= 0.87$, ANOVA *two-way*) (figura 9a). Os atletas dos grupos LEDT e Controle que jogaram um segundo jogo no mesmo dia (figura 9b), aumentaram o SVC do Pré para o Pós, após o primeiro e segundo jogos ($P<0.05$, ANOVA de medidas

repetidas). Após o segundo jogo, a altura do SVC teve uma interação com o tempo ($F= 23.93$, $P<0.001$, ANOVA *two-way*), mas não com a LEDT ($F= 0.30$, $P= 0.59$, ANOVA *two-way*) (figura 9b). Em ambos os grupos, os atletas que jogaram 3 ou mais jogos por dia (figura 9c), apresentaram aumento na altura do SVC após todos os jogos consecutivos em relação ao Pré ($P<0.05$, ANOVA de medidas repetidas). Depois do último jogo, a altura do SVC interagiu com o tempo ($F= 17.74$, $P<0.001$, ANOVA *two-way*), mas não com a LEDT ($F= 0.43$, $P= 0.52$, ANOVA *two-way*) (figura 9c).

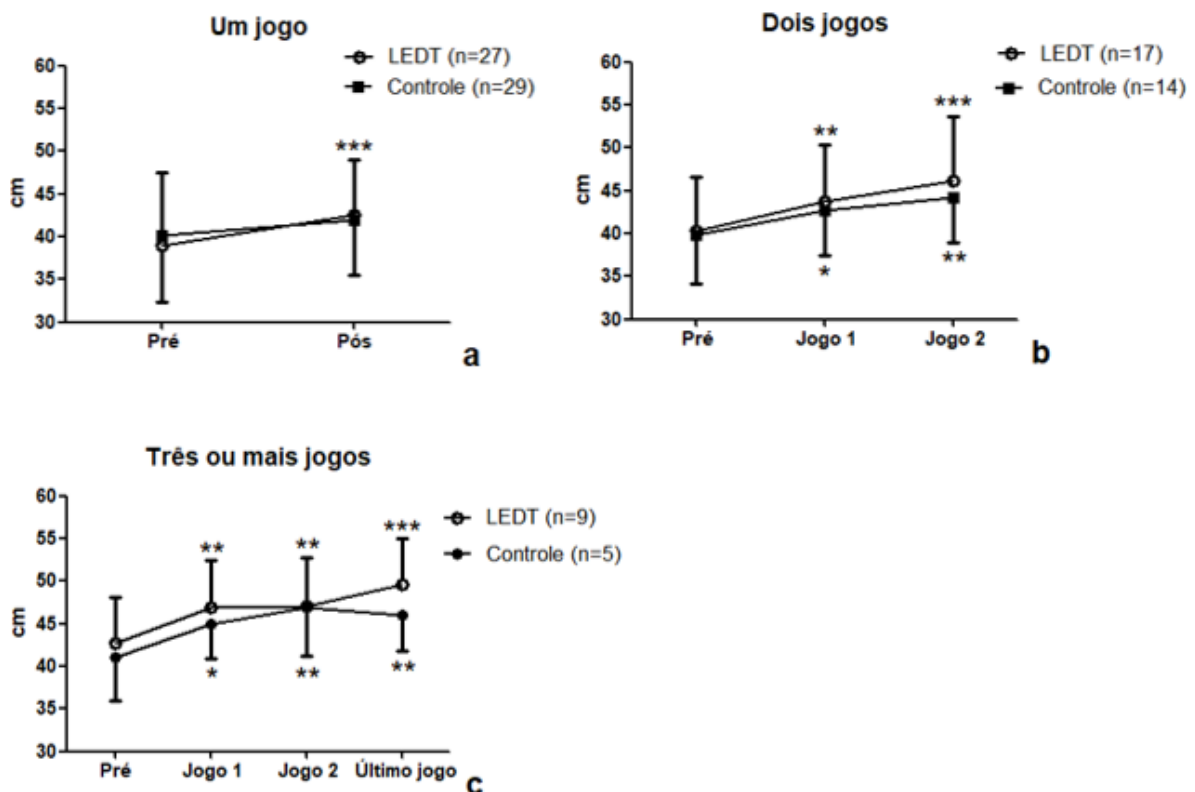


Figura 9. Média \pm desvio-padrão da altura do salto vertical com contramovimento em atletas de Badminton que jogaram um único jogo (a), dois jogos (b) e três ou mais jogos (c) por dia de competição.

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.005$ em relação ao Pré (teste de Tukey).

Força de preensão manual

A FPM aumentou significativamente apenas no grupo LEDT ($P<0.01$, teste t pareado) após o primeiro jogo (figura 10a). A melhora na FPM teve uma interação com o tempo ($F= 9.53$, $P= 0.003$, ANOVA *two-way*) e com a LEDT ($F= 5.74$, $P= 0.02$, ANOVA *two-way*) (figura 10a). Os atletas do grupo Controle que jogaram o segundo jogo no mesmo dia (figura 10b), aumentaram a FPM do Pré para o Pós depois de um e dois jogos ($P<0.05$, ANOVA de medidas repetidas). Já o grupo LEDT apresentou

um aumento significativo na FPM após o segundo jogo ($P < 0.05$, ANOVA de medidas repetidas). Após o segundo jogo, a FPM teve uma interação com o tempo ($F = 10.25$, $P < 0.0002$, ANOVA *two-way*) e com a LEDT ($F = 11.59$, $P < 0.002$, ANOVA *two-way*) (figura 10b). Não foram observadas diferenças significativas para os atletas que jogaram 3 ou mais jogos por dia no grupo Controle ($P > 0.05$, ANOVA de medidas repetidas). No entanto, o grupo LEDT aumentou a FPM após 3 ou mais jogos em relação ao Pré ($P < 0.05$, ANOVA de medidas repetidas). Depois do último jogo, a FPM não interagiu com o tempo ($F = 2.33$, $P = 0.09$, ANOVA *two-way*), mas interagiu com a LEDT ($F = 11.02$, $P = 0.006$, ANOVA *two-way*) (figura 10c).

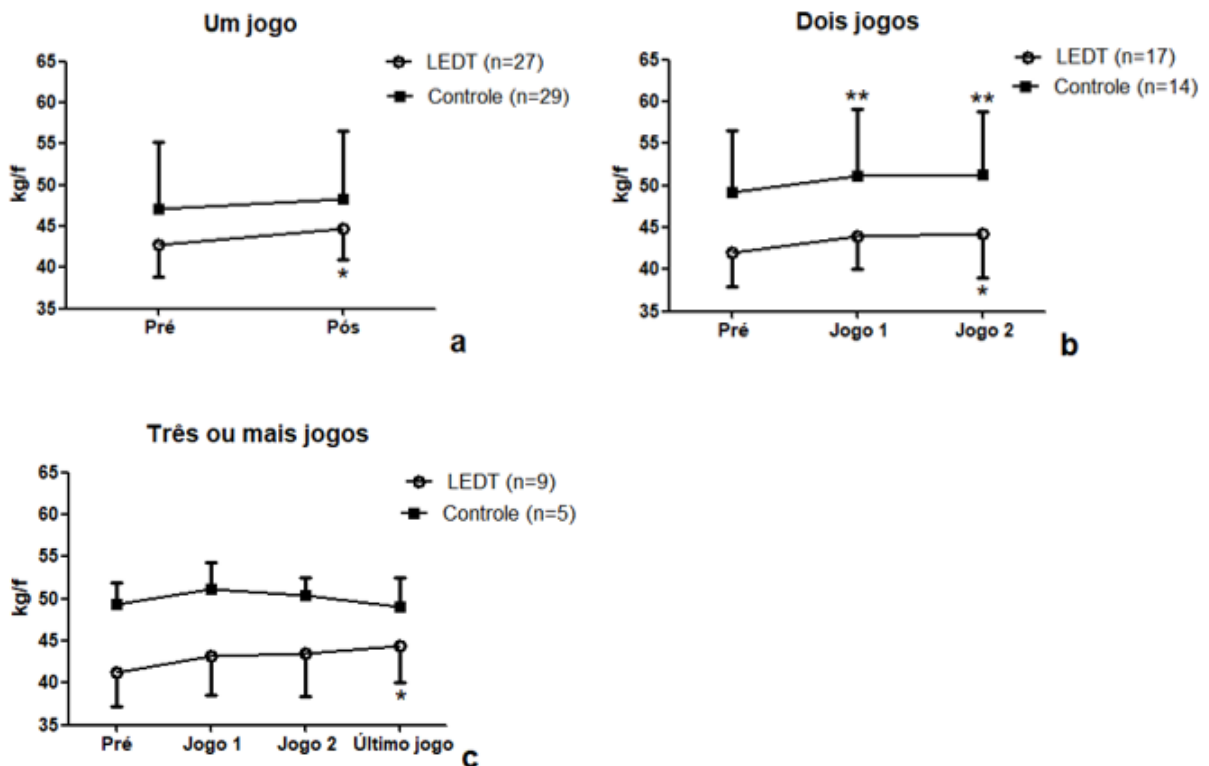


Figura 10. Média \pm desvio-padrão da força de preensão manual em atletas de Badminton que jogaram um único jogo (a), dois jogos (b) e três ou mais jogos (c) por dia de competição. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ em relação ao Pré (teste de Tukey).

Discussão

O principal achado deste estudo é que a fototerapia utilizando diodos emissores de luz (LEDT) aplicada antes de jogos sucessivos de Badminton pode manter ou melhorar o desempenho do SVA e FPM.

A força dos membros inferiores é uma questão crítica no desempenho do Badminton, uma vez que, os atletas desempenham saltos sucessivos e mudanças de direção durante o jogo em ações ofensivas e defensivas (CABELLO MANRIQUE e GONZÁLEZ-BADILLO, 2003; FAUDE *et al.*, 2007; ABIAN-VICEN *et al.*, 2012; ABIAN-VICEN *et al.*, 2014; VAN HOOREN e ZOLOTARJOVA, 2017). Como reportado por outros autores, um único jogo de esportes de raquete não prejudicou o desempenho físico no SVA e SVC (ABIAN-VICEN *et al.*, 2012; ABIAN-VICEN *et al.*, 2014). Por outro lado, jogos sucessivos tem demonstrado afetar o salto vertical após um segundo jogo de tênis e Badminton (ABIAN-VICEN *et al.*, 2014; GALLO-SALAZAR *et al.*, 2017). No presente estudo, jogos sucessivos de Badminton em um dia não deterioraram o desempenho do salto, sugerindo que os atletas não apresentavam fadiga extensa. Ao contrário da nossa hipótese, o desempenho do salto aumentou ao longo de jogos diários sucessivos e foi mais evidente no SVA. Estudos prévios relataram que a fotobiomodulação pode aumentar o pico de torque e a força isométrica máxima, sugerindo que ela pode potencializar a capacidade muscular para gerar energia (ANTONIALLI *et al.*, 2014; AVER VANIN *et al.*, 2016; DE OLIVEIRA *et al.*, 2017).

A FPM mostrou ser de grande importância para esportes de raquete, como o Badminton, durante ações de rotação do punho, braço e ombro (CRONIN *et al.*, 2017). Pesquisas demonstraram que um único jogo de Badminton não reduz a FPM (ABIAN-VICEN *et al.*, 2012; ABIAN-VICEN *et al.*, 2014). Por outro lado, duas partidas simuladas de tênis no mesmo dia deterioraram a FPM (GALLO-SALAZAR *et al.*, 2017). Nossos resultados também demonstraram que o primeiro jogo diário não afetou a FPM, mas no grupo Controle dois ou mais jogos comprometeram a FPM. Interessantemente, observamos um aumento na FPM ao longo dos jogos sucessivos, sugerindo que a terapia com LED pode ter efeitos ergogênicos na força do braço. Outros estudos também identificaram efeito ergogênico da fototerapia quando aplicada nos membros superiores. Barbosa *et al.* (2017) encontraram melhora da FPM com a aplicação da fototerapia em indivíduos saudáveis. Rossato *et al.* (2016) evidenciaram aumento na força isométrica máxima durante flexão de cotovelo após a irradiação. Já em atletas de voleibol, a irradiação dos braços também melhorou a resistência à fadiga e força durante flexões de cotovelo (LEAL JUNIOR *et al.*, 2008; LEAL JUNIOR *et al.*, 2009c; LEAL JUNIOR *et al.*, 2009d; LEAL JUNIOR *et al.*, 2010).

Além disso, a fototerapia aplicada antes do início do exercício tem demonstrado melhora em outras variáveis importantes para a performance de atletas. Em ciclistas

foi identificado aumento significativo do tempo de exaustão em teste no cicloergômetro (LANFERDINI *et al.*, 2018a), corredores aumentaram o tempo de exercício na esteira e reduziram o déficit de O₂ (BELTRAME *et al.*, 2018) e jogadores de rugby melhoraram o tempo de sprint e índice de fadiga após teste de sprint (PINTO *et al.*, 2016).

Alguns efeitos fisiológicos atribuídos à ação da fototerapia sobre o metabolismo muscular podem explicar nossos achados. Essa terapia demonstra um efeito modulador importante sobre a atividade da Cco (HAYWORTH *et al.*, 2010; KARU, 2010) que tem sido apontada como alvo principal da fototerapia (HAMBLIN, 2017). Além de ser um fotoceptor primário, é a enzima terminal da cadeia respiratória mediando a transferência de elétrons da citocromo c para o oxigênio molecular desempenhando papel central na regulação do metabolismo energético e homeostasia celular (DALMONTE *et al.*, 2009; KARU, 2010; PASSARELLA e KARU, 2014). Sendo assim, aumentos na atividade da Cco levam a maior ressíntese do ATP, condição fundamental para um melhor desempenho muscular especialmente em competições realizadas no sistema de torneio, com vários jogos sucessivos, como é o caso do Badminton.

Conclusão

Até onde sabemos, esta é a primeira investigação a avaliar os efeitos da aplicação da fototerapia sobre o desempenho de atletas de alto nível durante competição oficial em sistema de torneio com vários jogos sucessivos. É possível concluir que os atletas apresentaram uma melhora no desempenho do SVA e FPM ao longo dos jogos sucessivos no mesmo dia, o que sugere que a fototerapia pode ser um recurso ergogênico efetivo para atletas de Badminton.

Declaração de ética

Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Marechal Cândido Rondon e todos os participantes assinaram um termo de consentimento antes de iniciar a participação na pesquisa.

Financiamento

SP foi apoiada pela bolsa de estudos da CAPES – Brasil (n. 1798841). Os autores declaram que não tem conflito de interesse ou apoio financeiro derivado dos resultados deste estudo.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Associação de Amigos do Badminton (Toledo, Paraná, Brasil), Centro de Formação e Excelência em Badminton Murialdo (CFEB Murialdo, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil), Associação Miratus de Badminton (Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil), Badminton Blumenau Clube (Blumenau, Santa Catarina, Brasil), Santa Mônica Clube de Campo (Curitiba, Paraná, Brasil), Ibirama Badminton (Ibirama, Santa Catarina, Brasil) e a Confederação Brasileira de Badminton. Agradecemos também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil) pelo apoio financeiro a bolsa de estudos para SP (n. 1798841).

5. CONCLUSÕES

Por meio das diferentes análises realizadas em cada um dos experimentos conduzidos nessa tese, as seguintes conclusões puderam ser definidas:

O Badminton é um esporte intenso no qual o tempo de jogo e TRIMP das modalidades simples e duplas são maiores na categoria adulta em relação à sub-17. Durante uma competição oficial, partidas da modalidade simples são mais intensas com relação às duplas em todas as categorias e fatores como o *ranking* do jogador, idade, número de *sets* por jogo, dias consecutivos de competição, FC_{máx} e duração da partida parecem influenciar na carga interna dos jogos.

Apesar dos níveis de intensidade elevados e do acúmulo de jogos durante os dias de competição os atletas não perderam desempenho nas variáveis testadas. Porém foi possível concluir que houve melhora no desempenho do SVA e FPM ao longo dos jogos sucessivos no mesmo dia, sugerindo que a fototerapia pode ser um recurso ergogênico efetivo para atletas de Badminton em situação competitiva.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULLAHI, Y.; COETZEE, B.; VAN DEN BERG, L. Relationships between results of an internal and external match load determining method in male, singles badminton players. **J Strength Cond Res**, 2017.
- ABIAN-VICEN, J. *et al.* . Influence of successive badminton matches on muscle strength, power, and body-fluid balance in elite players. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 9, n. 4, p. 689-94, 2014.
- ABIAN-VICEN, J. *et al.* . Temporal and notational comparison of badminton matches between men's singles and women's singles. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 13, n. 2, p. 310-320, 2017.
- ABIAN-VICEN, J. *et al.* . Analysis of dehydration and strength in elite badminton players. **PLoS One**, v. 7, n. 5, p. e37821, 2012.
- ABIÁN-VICÉN, J.; SÁNCHEZ, L.; ABIÁN, P. Performance structure analysis of the men's and women's badminton doubles matches in the Olympic Games from 2008 to 2016 during playoffs stage. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 18, n. 4, p. 633-644, 2018.
- ABIÁN, P. *et al.* . Notational comparison of men's singles badminton matches between Olympic Games in Beijing and London. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 14, n. 1, p. 42-53, 2014.
- ABIAN, P. *et al.* . The ingestion of a caffeinated energy drink improves jump performance and activity patterns in elite badminton players. **J Sports Sci**, v. 33, n. 10, p. 1042-50, 2015a.
- ABIAN, P. *et al.* . Muscle damage produced during a simulated badminton match in competitive male players. **Res Sports Med**, v. 24, n. 1, p. 104-17, 2015b.
- ALCOCK, A.; CABLE, N. T. A comparison of singles and doubles badminton: heart rate response, player profiles and game characteristics. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 9, n. 2, p. 228-237, 2009.
- ALGHANNAM, A. F.; GONZALEZ, J. T.; BETTS, J. A. Restoration of muscle glycogen and functional capacity: Role of post-exercise carbohydrate and protein co-ingestion. **Nutrients**, v. 10, n. 2, 2018.
- ANTONIALLI, F. C. *et al.* . Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. **Lasers Med Sci**, v. 29, n. 6, p. 1967-76, 2014.
- AVER VANIN, A. *et al.* . Pre-exercise infrared low-level laser therapy (810 nm) in skeletal muscle performance and postexercise recovery in humans, what is the optimal dose? A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. **Photomed Laser Surg**, v. 34, n. 10, p. 473-482, 2016.

AYUK, S. M.; ABRAHAMSE, H.; HOURELD, N. N. Photobiomodulation alters matrix protein activity in stressed fibroblast cells in vitro. **J Biophotonics**, v. 11, n. 3, 2018.

BAHNERT, A.; NORTON, K.; LOCK, P. Association between post-game recovery protocols, physical and perceived recovery, and performance in elite Australian Football League players. **J Sci Med Sport**, v. 16, n. 2, p. 151-6, 2013.

BAIGET, E. *et al.* . Tennis play intensity distribution and relation with aerobic fitness in competitive players. **PLoS One**, v. 10, n. 6, p. e0131304, 2015.

BARBOSA, R. *et al.* . Effect of low-level laser therapy and strength training protocol on hand grip by dynamometry. **J Lasers Med Sci**, v. 8, n. 3, p. 112-117, 2017.

BAROLET, D. Light-emitting diodes (LEDs) in dermatology. **Semin Cutan Med Surg**, v. 27, n. 4, p. 227-38, 2008.

BARONI, B. M. *et al.* . Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. **Eur J Appl Physiol**, v. 110, n. 4, p. 789-96, 2010.

BELTRAME, T. *et al.* . Light-emitting diode therapy (photobiomodulation) effects on oxygen uptake and cardiac output dynamics during moderate exercise transitions: a randomized, crossover, double-blind, and placebo-controlled study. **Lasers Med Sci**, v. 33, n. 5, p. 1065-1071, 2018.

BEN ABDELKRIM, N. *et al.* . The effect of players' standard and tactical strategy on game demands in men's basketball. **J Strength Cond Res**, v. 24, n. 10, p. 2652-2662, 2010.

BERKELMANS, D. M. *et al.* . Heart rate monitoring in basketball: applications, player responses, and practical recommendations. **J Strength Cond Res**, v. 32, n. 8, p. 2383-2399, 2017.

BISSCHOFF, C. A.; COETZEE, B.; ESCO, M. R. Relationship between autonomic markers of heart rate and subjective indicators of recovery status in male, elite badminton players. **J Sports Sci Med**, v. 15, p. 658-669, 2016.

BLAIR, M. R. *et al.* . Physical and physiological demands of elite rugby union officials. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 13, n. 9, p. 1199-1207, 2018.

BORGES, L. S. *et al.* . Light-emitting diode phototherapy improves muscle recovery after a damaging exercise. **Lasers Med Sci**, v. 29, n. 3, p. 1139-44, 2013.

BORSA, P. A.; LARKIN, K. A.; TRUE, J. M. Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and postexercise recovery? a systematic review. **J Athl Train**, v. 48, n. 1, p. 57-67, 2013.

BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **Eur J Appl Physiol**, n. 50, p. 273 - 282, 1983.

BOTONIS, P. G.; TOUBEKIS, A. G.; PLATANOU, T. I. Physiological responses of water-polo players under different tactical strategies. **J Sports Sci Med**, v. 14, p. 84-90, 2015.

BRAHMS, B. **Badminton Handbook: training, tactics, competition**. 2 edition. Maidenhard: Meyer & Meyer Sport, 2014. ISBN 9781782550426.

BWF. **Play**. Get ready to get started. FEDERATION, B. W. Malaysia 2018.

BWF. **The international badminton federation was founded in 1934 and has since changed its name to the badminton world federation**. Competition procedure. FEDERATION, B. W. Malaysia 2019.

CABELLO, D. *et al.* . Temporal and physiological characteristics of elite women's and men's singles badminton. **Int J Appl Sport Sci**, v. 16, n. 2, p. 1-12, 2004.

CABELLO MANRIQUE, D.; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J. Analysis of the characteristics of competitive badminton. **Br J Sports Med**, v. 37, p. 62-66, 2003.

CAMARGO, M. Z. *et al.* . Effects of light emitting diode (LED) therapy and cold water immersion therapy on exercise-induced muscle damage in rats. **Lasers Med Sci**, v. 27, n. 5, p. 1051-8, 2012.

CAPPAL, I. *et al.* . Physiological responses and match analysis of Muay Thai fighting. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 12, n. 3, p. 507-516, 2017.

CAROLL, J. D. Irradiation parameters, dose response, and devices. In: HAMBLIN, M. R. (Ed.). **Handbook of Photomedicine**. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, 2014. cap. 48, p.563-567.

CBBd. **Quais os equipamentos desportivos?** Equipamentos badminton - quadra e rede. BADMINTON, C. B. D. Rio de Janeiro: CBBd 2019.

CERVANTES BLÁSQUEZ, J. C.; FONT, G. R.; CAPDEVILA ORTÍS, L. Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. **Psicothema**, v. 21, n. 4, p. 531-536, 2009.

CHELLY, M. S. *et al.* . Match analysis of elite adolescent team handball players. **J Strength Cond Res**, v. 25, n. 9, p. 2410-2417, 2011.

CHEN, H. L.; CHEN, T. C. Temporal structure comparison of the new and conventional scoring systems for men's badminton singles in Taiwan. **J Exerc Sci Fit** v. 6, n. 1, p. 34-43, 2008.

CHIMINAZZO, J. G. C. *et al.* . Technical and timing characteristics of badminton men's single: comparison between groups and play-offs stages in 2016 Rio Olympic Games. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 18, n. 2, p. 245-254, 2018.

CONRADO, L. A. L. Ledterapia no controle da inflamação. In: YAMAGUCHI, C. (Ed.). **Procedimentos estéticos minimamente invasivos**: Editora Santos, 2010. cap. 27, p.317-328.

CORNELL, D. J. *et al.* . In-game heart rate responses among professional baseball starting pitchers. **J Strength Cond Res**, v. 31, n. 1, p. 24-29, 2017.

COTLER, H. B. *et al.* . The use of low level laser therapy (LLLT) for musculoskeletal pain. **MOJ Orthop Rheumatol**, v. 2, n. 5, 2015.

COUTURIER, A. Massage and physiotherapy. In: HAUSSWIRTH, C. e MUJIK, I. (Ed.). **Recovery for performance in sport**. United States: Human Kinetics, 2013. cap. 10, p.111-134. ISBN 978-1-4504-3434-8.

CRONIN, J. *et al.* . A brief review of handgrip strength and sport performance. **J Strength Cond Res**, v. 31, n. 11, p. 3187-3217, 2017.

DA COSTA SANTOS, V. B. *et al.* . LED therapy or cryotherapy between exercise intervals in Wistar rats: anti-inflammatory and ergogenic effects. **Lasers Med Sci**, v. 29, n. 2, p. 599-605, 2014.

DALMONTE, M. E. *et al.* . Control of respiration by cytochrome c oxidase in intact cells: role of the membrane potential. **J Biol Chem**, v. 284, n. 47, p. 32331-5, 2009.

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**, v. 27, n. 2, p. 453-8, 2012.

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**, v. 87, n. 5, p. 1159-63, 2011.

DE ALMEIDA, P. *et al.* . What is the best treatment to decrease pro-inflammatory cytokine release in acute skeletal muscle injury induced by trauma in rats: low-level laser therapy, diclofenac, or cryotherapy? **Lasers Med Sci**, v. 29, n. 2, p. 653-8, 2014.

DE FREITAS, L. F.; HAMBLIN, M. R. Proposed mechanisms of photobiomodulation or low-level light therapy. **IEEE J Sel Top Quantum Electron**, v. 22, n. 3, 2016.

DE MARCHI, T. *et al.* . Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. **Lasers Med Sci**, v. 27, n. 1, p. 231-6, 2012.

DE MARCHI, T. *et al.* . Phototherapy for improvement of performance and exercise recovery: comparison of 3 commercially available devices. **J Athl Train**, v. 52, n. 5, p. 429-438, 2017.

- DE OLIVEIRA, A. R. *et al.* . Pre-exercise infrared photobiomodulation therapy (810 nm) in skeletal muscle performance and postexercise recovery in humans: What is the optimal power output? **Photomed Laser Surg**, v. 35, n. 11, p. 595-603, 2017.
- DE SOUZA, C. G. *et al.* . Low-level laser therapy reduces the fatigue index in the ankle plantar flexors of healthy subjects. **Lasers Med Sci**, v. 31, n. 9, p. 1949-1955, 2016.
- DENADAI, B. S. *et al.* . The relationship between onset of blood lactate accumulation, critical velocity, and maximal lactate steady state in soccer players. **J Strength Cond Res**, v. 19, n. 2, p. 364-368, 2005.
- DOS SANTOS MACIEL, T. *et al.* . Phototherapy effect on the muscular activity of regular physical activity practitioners. **Lasers Med Sci**, v. 29, n. 3, p. 1145-52, 2014.
- DOS SANTOS, S. A. *et al.* . Effects of photobiomodulation therapy on oxidative stress in muscle injury animal models: a systematic review. **Oxid Med Cell Longev**, v. 2017, p. 5273403, 2017.
- DUFFIELD, R.; CANNON, J.; KING, M. The effects of compression garments on recovery of muscle performance following high-intensity sprint and plyometric exercise. **J Sci Med Sport**, v. 13, n. 1, p. 136-40, 2010.
- DUFFIELD, R. *et al.* . The effects of compression gargments on intermittent exercise performance and recovery on consecutive days. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 3, p. 454-468, 2008.
- EDWARDS, S. **The heart hate monitor book**. Sacramento: FeeFleet, 1993.
- ENWEMEKA, C. S. Intricacies of dose in laser phototherapy for tissue repair and pain relief. **Photomed Laser Surg**, v. 27, n. 3, p. 387–393, 2009.
- FARIVAR, S.; MALEKSHAHABI, T.; SHIARI, R. Biological effects of low level laser therapy. **Lasers Med Sci**, v. 5, n. 2, p. 58-62, 2014.
- FAUDE, O. *et al.* . Physiological characteristics of badminton match play. **Eur J Appl Physiol**, v. 100, n. 4, p. 479-85, 2007.
- FERNANDEZ-FERNANDEZ, J. *et al.* . Match activity and physiological responses during a junior female singles tennis tournament. **Br J Sports Med**, v. 41, n. 11, p. 711-6, 2007.
- FERNANDEZ-FERNANDEZ, J. *et al.* . Gender differences in game responses during badminton match play. **J Strength Cond Res**, v. 27, n. 9, p. 2396–2404, 2013.
- FERRARESI, C. *et al.* . Light-emitting diode therapy (LEDT) before matches prevents increase in creatine kinase with a light dose response in volleyball players. **Lasers Med Sci**, v. 30, n. 4, p. 1281-7, 2015a.

FERRARESI, C.; HUANG, Y. Y.; HAMBLIN, M. R. Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance? **J Biophotonics**, v. 9, n. 11-12, p. 1273-1299, 2016.

FERRARESI, C. *et al.* . Light-emitting diode therapy in exercise-trained mice increases muscle performance, cytochrome c oxidase activity, ATP and cell proliferation. **J Biophotonics**, v. 8, n. 9, p. 740-54, 2015b.

FERREIRA JUNIOR, A. *et al.* . Effects of light-emitting diode irradiation on time to exhaustion at maximal aerobic speed. **Lasers Med Sci**, v. 33, n. 4, p. 935-939, 2018.

FISHER, S. R. *et al.* . Photobiomodulation therapy is more effective than cryotherapy for skeletal muscle recovery: a critically appraised topic. **J Sport Rehabil**, p. 1-19, 2018.

FORMENTI, D. *et al.* . Heart rate response to a marathon cross-country skiing race: a case study. **Sport Sci Health**, v. 11, n. 1, p. 125-128, 2014.

FOSTER, C. *et al.* . A new approach to monitoring exercise training. **J Strength Cond Res**, v. 15, n. 1, p. 109-115, 2001.

FREITAS, V. H. *et al.* . Efeito de quatro dias consecutivos de jogos sobre a potência muscular, estresse e recuperação percebida, em jogadores de futsal. **Rev Bras Educ Fis Esporte**, v. 28, n. 1, p. 23 - 3-, 2014.

GALLO-SALAZAR, C. *et al.* . Impact of a competition with two consecutive matches in a day on physical performance in young tennis players. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 42, n. 7, p. 750-756, 2017.

GAO, X.; XING, D. Molecular mechanisms of cell proliferation induced by low power laser irradiation. **J Biomed Sci**, v. 16, p. 4, 2009.

GAWIN, W.; BEYER, C.; SEIDLER, M. A competition analysis of the single and double disciplines in world-class badminton. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 15, n. 3, p. 997-1006, 2017.

GESCHEIT, D. T. *et al.* . Consecutive days of prolonged tennis match play: performance, physical, and perceptual responses in trained players. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 10, n. 7, p. 913-20, 2015.

GESCHEIT, D. T. *et al.* . Effects of consecutive days of match play on technical performance in tennis. **J Sports Sci**, v. 35, n. 20, p. 1988-1994, 2016.

GHOSH, A. K. Heart rate and blood lactate responses during execution of some specific strokes in badminton drills. **Int J Appl Sport Sci**, v. 20, n. 2, p. 27-36, 2008.

GILL, N. D.; BEAVEN, C. M.; COOK, C. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. **Br J Sports Med**, v. 40, n. 3, p. 260-3, 2006.

GIRARD, O.; MILLET, G. P. Neuromuscular fatigue in racquet sports. **Neurol Clin**, v. 26, n. 1, p. 181-94; x, 2008.

GOMES, R. V. *et al.* . Physiological demands of match-play in elite tennis: a case study. **Eur J Sport Sci**, v. 11, n. 2, p. 105-109, 2011.

GOTO, K.; MIZUNO, S.; MORI, A. Efficacy of wearing compression garments during post-exercise period after two repeated bouts of strenuous exercise: a randomized crossover design in healthy, active males. **Sports Med Open**, v. 3, n. 1, p. 25, 2017.

HAMBLIN, M. R. Mechanisms and applications of the anti-inflammatory effects of photobiomodulation. **AIMS Biophys**, v. 4, n. 3, p. 337-361, 2017.

HAMBLIN, M. R. Mechanisms and mitochondrial redox signaling in photobiomodulation. **Photochem Photobiol**, v. 94, n. 2, p. 199-212, 2018.

HAMBLIN, M. R. *et al.* . Mechanisms of low level light therapy. **Int Soc Optical Engineering**, v. 6140, p. 614001, 2006.

HAUSSWIRTH, C.; MUJIK, I. **Recovery for performance in sport**. United States: Human Kinetics, 2013. 299 ISBN 978-1-4504-3434-8.

HAYWORTH, C. R. *et al.* . In vivo low-level light therapy increases cytochrome oxidase in skeletal muscle. **Photochem Photobiol**, v. 86, p. 673-680, 2010.

HEMMINGS, T. J.; KENDALL, K. L.; DOBSON, J. L. Identifying Dosage Effect of Light-Emitting Diode Therapy on Muscular Fatigue in Quadriceps. **J Strength Cond Res**, v. 31, n. 2, p. 395-402, 2017.

HOWATSON, G. *et al.* . Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. **J Int Soc Sports Nutr**, v. 9, n. 20, p. 1-7, 2012.

HUANG, Y. Y. *et al.* . Biphasic dose response in low level light therapy. **Dose Response**, v. 7, n. 4, p. 358-83, 2009.

HUSSAIN, I. *et al.* . Analysis of arm movement in badminton of forehand long and short service. **Innovative Systems Design and Engineering**, v. 2, n. 3, 2011.

ISTCHUK, L. L. **Análise temporal, ações e demandas fisiológicas de atletas paranaenses de badminton**. 2016. 77 (Mestrado). Centro de Educação Física e Esportes, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

JAWORSKI, J.; ZAK, M. The structure of morpho-functional conditions determining the level of sports performance of young badminton players. **J Hum Kinet**, v. 47, p. 215-23, 2015.

JOHANN, B. *et al.* . Efeitos da suplementação de carboidratos sobre desempenho físico e metabólico em jogadores de futebol treinados e não treinados. **Rev Bras Nutr Esportiva**, v. 9, n. 54, p. 544-552, 2015.

KARU, T. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. **J Photochem Photobiol B**, v. 49, p. 17, 1999.

KARU, T.; KOLYAKOV, S. F. Exact action spectra for cellular responses relevant to phototherapy. **Photomed Laser Surg**, v. 23, n. 4, p. 355-361, 2005.

KARU, T.; PYATIBRAT, L. Gene expression under laser and light-emitting diodes radiation for modulation of cell adhesion: possible applications for biotechnology. **IUBMB Life**, v. 63, n. 9, p. 747-53, 2011.

KARU, T. I. Multiple roles of cytochrome c oxidase in mammalian cells under action of red and IR-A radiation. **IUBMB Life**, v. 62, n. 8, p. 607-10, 2010.

KARU, T. I. Chromophores (photoacceptors) for low-level laser therapy. In: HAMBLIN, M. R. (Ed.). **Handbook of Photomedicine**. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, 2014. cap. 46, p.521-534.

KILIT, B. *et al.* . Physiological responses and match characteristics in professional tennis players during a one-hour simulated tennis match. **J Hum Kinet**, v. 51, p. 83-92, 2016.

KNEEBONE, W. J. Practical applications of low level laser therapy. **Pract Pain Manag**, v. 6, n. 8, 2006.

KOVACS, M. S. Tennis physiology: training the competitive athlete. **Sports Med**, v. 37, n. 3, p. 189-198, 2007.

KWAN, M. *et al.* . Measurement of badminton racket deflection during a stroke. **Sports Engineering**, v. 12, n. 3, p. 143-153, 2010.

LAFFAYE, G.; PHOMSOUPHA, M.; DOR, F. Changes in the game characteristics of a badminton match: a longitudinal study through the Olympic Game finals analysis in men's singles. **J Sports Sci Med**, v. 14, p. 584-590, 2015.

LANFERDINI, F. J. *et al.* . Improvement of performance and reduction of fatigue with low-level laser therapy in competitive cyclists. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 13, n. 1, p. 14-22, 2018a.

LANFERDINI, F. J. *et al.* . Low-level laser therapy improves the VO₂ kinetics in competitive cyclists. **Lasers Med Sci**, v. 33, n. 3, p. 453-460, 2018b.

LEAL JUNIOR, E. C. *et al.* . Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLLT) and LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high-intensity exercise. **Photomed Laser Surg**, v. 27, n. 4, p. 617-23, 2009a.

LEAL JUNIOR, E. C. *et al.* . Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. **Lasers Med Sci**, v. 24, n. 6, p. 857-63, 2009b.

LEAL JUNIOR, E. C. *et al.* . Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. **Photomed Laser Surg**, v. 26, n. 5, p. 419-24, 2008.

LEAL JUNIOR, E. C. *et al.* . Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to postexercise recovery. **J Orthop Sports Phys Ther**, v. 40, n. 8, p. 524-32, 2010.

LEAL JUNIOR, E. C. *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**, v. 41, n. 8, p. 572-7, 2009c.

LEAL JUNIOR, E. C. *et al.* . Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. **Lasers Med Sci**, v. 24, n. 3, p. 425-31, 2009d.

LIDDLE, S. D.; MURPHY, M. H.; BLEAKLEY, W. A comparison of the physiological demands of singles and doubles badminton: a heart rate and time/motion analysis. **J Hum Mov Stud**, v. 30, p. 159-176, 1996.

LIU, X.-G. *et al.* . Effects of low-level laser irradiation on rat skeletal muscle injury after eccentric exercise. **Photomed Laser Surg**, v. 27, n. 6, p. 863-869, 2009.

LOTURCO, I. *et al.* . Effects of far infrared rays emitting clothing on recovery after an intense plyometric exercise bout applied to elite soccer players: a randomized double-blind placebo-controlled trial. **Biol Sport**, v. 33, n. 3, p. 277-83, 2016.

MACHADO, A. F. *et al.* . Effect of low-level laser therapy (LLLT) and light-emitting diodes (LEDT) applied during combined training on performance and post-exercise recovery: protocol for a randomized placebo-controlled trial. **Braz J Phys Ther**, v. 21, n. 4, p. 296-304, 2017.

MACHADO, A. S. *et al.* . Green tea extract preserves neuromuscular activation and muscle damage markers in athletes under cumulative fatigue. **Front Physiol**, v. 9, p. 1137, 2018.

MAJUMDAR, P. *et al.* . Physiological analysis to quantify training load in badminton. **Br J Sports Med**, v. 31, p. 342-345, 1997.

MANTEIFEL, V. M.; KARU, T. I. Structure of mitochondria and activity of their respiratory chain in successive generations of yeast cells exposed to he–ne laser light. **Biology Bulletin**, v. 32, n. 6, p. 556–566., 2005.

MASON, M. G.; NICHOLLS, P.; COOPER, C. E. Re-evaluation of the near infrared spectra of mitochondrial cytochrome c oxidase: implications for non invasive in vivo monitoring of tissues. **Biochim Biophys Acta**, v. 1837, n. 11, p. 1882-1891, 2014.

MENDEZ-VILLANUEVA, A.; FERNANDEZ-FERNANDEZ, J.; BISHOP, D. Exercise-induced homeostatic perturbations provoked by singles tennis match play with reference to development of fatigue. **Br J Sports Med**, v. 41, n. 11, p. 717-22; discussion 722, 2007.

MING, C. L.; KEONG, C. C.; GOSH, A. K. Time motion and notational analysis of 21 point and 15 point badminton match play. **Int J Sports Sci Eng**, v. 2, n. 4, p. 216-222, 2008.

MOREIRA, A. *et al.* . Effect of a congested match schedule on immune-endocrine responses, technical performance and session-RPE in elite youth soccer players. **J Sports Sci**, v. 34, n. 24, p. 2255-2261, 2016.

MORGANS, L. F. *et al.* . Heart Rate Responses During Singles and Doubles Tennis Competition. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 15, n. 7, p. 67-74, 1987.

NAMPO, F. K. *et al.* . Low-level phototherapy to improve exercise capacity and muscle performance: a systematic review and meta-analysis. **Lasers Med Sci**, v. 31, n. 9, p. 1957-1970, 2016a.

NAMPO, F. K. *et al.* . Effect of low-level phototherapy on delayed onset muscle soreness: a systematic review and meta-analysis. **Lasers Med Sci**, v. 31, n. 1, p. 165-77, 2016b.

NUNES, R. F. H. *et al.* . Effects of far-infrared emitting ceramic materials on recovery during 2-week preseason of elite futsal players. **J Strength Cond Res**, 2018.

OJALA, T.; HAKKINEN, K. Effects of the tennis tournament on players' physical performance, hormonal responses, muscle damage and recovery. **J Sports Sci Med**, v. 12, p. 240-248, 2013.

OOI, C. H. *et al.* . Physiological characteristics of elite and sub-elite badminton players. **J Sports Sci** v. 27, n. 14, p. 1591-1599, 2009.

OZMEN, T.; AYDOGMUS, M. Effect of plyometric training on jumping performance and agility in adolescent badminton players. **Turkish Journal of Sport and Exercise**, p. 222-227, 2017.

PASSARELLA, S.; KARU, T. Absorption of monochromatic and narrow band radiation in the visible and near IR by both mitochondrial and non-mitochondrial photoacceptors results in photobiomodulation. **J Photochem Photobiol B**, v. 140, p. 344-58, 2014.

PATERSON, S.; MCMASTER, D. T.; CRONIN, J. Assessing change of direction ability in badminton athletes. **J Strength Cond Res**, v. 38, n. 5, p. 18-30, 2016.

PHOMSOUPHA, M.; LAFFAYE, G. The science of badminton: game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics. **Sports Med**, v. 45, n. 4, p. 473-95, 2015.

PINTO, H. D. *et al.* . Photobiomodulation therapy improves performance and accelerates recovery of high-level rugby players in field test: a randomized, crossover, double-blind, placebo-controlled clinical study. **J Strength Cond Res**, v. 30, n. 12, p. 3329-3338, 2016.

POOLEY, S. *et al.* . Static stretching does not enhance recovery in elite youth soccer players. **BMJ Open Sport & Exercise Medicine**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2017.

PÓVOAS, S. C. A. *et al.* . Analysis of fatigue development during elite male handball matches. **J Strength Cond Res**, v. 28, n. 9, p. 2640-2648, 2014.

POYTON, R. O.; BALL, K. A. Therapeutic photobiomodulation: nitric oxide and a novel function of mitochondrial cytochrome c oxidase. **Discov Med**, v. 11, n. 57, 2011.

RAMPICHINI, S. *et al.* . Heart rate and pulmonary oxygen uptake response in professional badminton players: comparison between on-court game simulation and laboratory exercise testing. **Eur J Appl Physiol**, v. 118, n. 11, p. 2339-2347, 2018.

RAWSON, E. S.; MILES, M. P.; LARSON-MEYER, D. E. Dietary supplements for health, adaptation, and recovery in athletes. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, v. 28, n. 2, p. 188-199, 2018.

REID, M.; DUFFIELD, R. The development of fatigue during match-play tennis. **Br J Sports Med**, v. 48 Suppl 1, p. i7-11, 2014.

ROSS, E. V.; MILLER, L. History and fundamentals of lasers and light sources in photomedicine In: HAMBLIN, M. R. (Ed.). **Handbook of Photomedicine**. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, 2014. cap. 2, p.11-24.

ROSSATO, M. *et al.* . Effect of pre-exercise phototherapy applied with different cluster probe sizes on elbow flexor muscle fatigue. **Lasers Med Sci**, v. 31, n. 6, p. 1237-44, 2016.

ROUSELL, G. J. *et al.* . Effect of post-match cold-water immersion on subsequent match running performance in junior soccer players during tournament play. **J Sports Sci**, v. 29, n. 1, p. 1-6, 2011.

ROY, J. L. P. *et al.* . Physiological responses of skilled players during a competitive wheelchair tennis match. **J Strength Cond Res**, v. 20, n. 3, p. 665-671, 2006.

SANDERS, G. J. *et al.* . Competition-based heart rate, training load, and time played above 85% peak heart rate in NCAA division I women's basketball. **J Strength Cond Res**, 2018.

SINGH, J.; RAZA, S.; MOHAMMAD, A. Physical characteristics and level of performance in badminton: a relationship study. **Journal of Education and Practice**, v. 2, n. 5, p. 6-10, 2011.

SPENCER, M. *et al.* . Time-motion analysis of elite field hockey during several games in succession: a tournament scenario. **J Sci Med Sport**, v. 8, n. 4, p. 382-391, 2005.

SPERLICH, B. *et al.* . Salivary cortisol, heart rate, and blood lactate responses during elite downhill mountain bike racing. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 7, p. 47-52, 2012.

SPERLICH, B. *et al.* . Table tennis: cardiorespiratory and metabolic analysis of match and exercise in elite junior national players. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 6, p. 234-242, 2011.

TSAI, S. R.; HAMBLIN, M. R. Biological effects and medical applications of infrared radiation. **J Photochem Photobiol B**, v. 170, p. 197-207, 2017.

VAN HOOREN, B.; ZOLOTARJOVA, J. The difference between countermovement and squat jump performances: A review of underlying mechanisms with practical applications. **J Strength Cond Res**, v. 31, n. 7, p. 2011-2020, 2017.

VASCONCELOS, A. B. *et al.* . Modulation of exercise-induced muscular damage and hyperalgesia by different 630 nm doses of light-emitting diode therapy (LEDT) in rats. **Lasers Med Sci**, 2018.

ZAGATTO, A. M. *et al.* . Effects of low-level laser therapy on performance, inflammatory markers, and muscle damage in young water polo athletes: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. **Lasers Med Sci**, v. 31, n. 3, p. 511-21, 2016.

ZAGATTO, A. M.; MOREL, E. A.; GOBATTO, C. A. Physiological responses and characteristics of table tennis matches determined in official tournaments. **J Strength Cond Res**, v. 24, n. 4, p. 942-949, 2010.

ZHANG, H. Y. *et al.* . Estimation of energy consumption from heart rates of chinese professional table tennis players in training conditions. **Int J Table Tennis Sci**, n. 6, p. 139-144, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - Atletas maiores de 18 anos



*Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Comitê de Ética em Pesquisa – CEP*



*Aprovado na
CONEP em 04/08/2000*

ANEXO I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Título do Projeto: **Efeito da Fototerapia sobre a recuperação e desempenho em atletas de badminton**

Responsável: Lilian Keila Barazetti – Fone: (45)99900-0207/ 3054-0207

Prezado Atleta,

Gostaríamos de convidá-lo a participar de nossa pesquisa que tem o objetivo de descrever as cargas de treinamento, adaptações hormonais, bioquímicas e adaptações funcionais durante sua pré-temporada de treinamento e avaliar o efeito da fototerapia (LED) sobre o desempenho físico em competições oficiais.

Esperamos, com este estudo, fornecer aos treinadores e a vocês atletas importantes informações acerca da demanda fisiológica da modalidade de forma individualizada, servindo como parâmetro para a prescrição e controle de treinamento. Além disso o conhecimento sobre o efeito da LED terapia como estratégia a ser utilizada para acelerar a recuperação de jogadores de badminton durante competições pode ser um passo importante na melhora da performance individual de cada atleta.

Para tanto, iremos monitorar 9 (nove) semanas de treinamento, acompanhando diariamente as cargas das sessões de treino de forma subjetiva e pela frequência cardíaca de cada um. Também iremos monitorar algumas competições realizando coletas de sangue e teste de desempenho para avaliação de como o organismo de cada atleta reage a sequência de jogos durante as competições de badminton.

Durante a execução do projeto você poderá apresentar fadiga e dor muscular tardia, condições que ocorrem normalmente nas competição as quais está acostumado e é frequentemente exposto. Dessa maneira, você não será submetido a nenhum procedimento que envolva riscos adicionais aqueles envolvidos comumente no processo de treinamento e competição. De qualquer forma, durante competições oficiais a equipe médica presente poderá ser acionada a qualquer momento para atendimento necessário.

Sua identidade não será divulgada e seus dados serão tratados de maneira sigilosa, sendo utilizados apenas para fins científicos. Você também não pagará nem receberá para participar do estudo. Além disso, você poderá cancelar sua participação na pesquisa a qualquer momento. No caso de dúvidas ou da necessidade de relatar algum acontecimento, você pode contatar a pesquisadora pelos telefones mencionados acima ou o Comitê de Ética pelo número 3220-3092.

Este documento será assinado em duas vias, sendo uma delas entregue a você.

Declaro estar ciente do exposto e desejo participar da pesquisa.

Nome do atleta

Eu, **Lilian Keila Barazetti**, declaro que forneci todas as informações do projeto ao participante.

Lilian Keila Barazetti – Pesquisadora Responsável

Toledo, _____, _____ de _____ de _____.

APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - Atletas menores de 18 anos



*Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Comitê de Ética em Pesquisa – CEP*



*Aprovado na
CONEP em 04/08/2000*

ANEXO II

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Título do Projeto: Efeito da Fototerapia sobre a recuperação e desempenho em atletas de badminton

Responsável: Lilian Keila Barazetti – Fones: (45)99900-0207/ 3054-0207

Prezado Responsável,

Gostaríamos de convidar o atleta _____ a participar de nossa pesquisa que tem o objetivo de descrever as cargas de treinamento, adaptações hormonais, bioquímicas e adaptações funcionais durante sua pré-temporada de treinamento e avaliar o efeito da fototerapia (LED) sobre o desempenho físico em competições oficiais.

Esperamos, com este estudo, fornecer aos treinadores e aos atletas, importantes informações acerca da demanda fisiológica da modalidade de forma individualizada, servindo como parâmetro para a prescrição e controle de treinamento. Além disso o conhecimento sobre o efeito da LED terapia como estratégia a ser utilizada para acelerar a recuperação de jogadores de badminton durante competições pode ser um passo importante na melhora da performance.

Para tanto, iremos monitorar 9 (nove) semanas de treinamento, acompanhando diariamente as cargas das sessões de treino de forma subjetiva e pela frequência cardíaca de cada um. Também iremos monitorar algumas competições realizando coletas de sangue para avaliação de como o organismo de cada atleta reage a sequência de jogos durante as competições de badminton.

Durante a execução do projeto o atleta poderá apresentar fadiga e dor muscular tardia, condições que ocorrem normalmente nas competição as quais está acostumado e é frequentemente exposto. Dessa maneira, o atleta não será submetido a nenhum procedimento que envolva riscos adicionais aqueles envolvidos comumente no processo de treinamento e competição. De qualquer forma, durante competições oficiais a equipe médica presente poderá ser acionada a qualquer momento para qualquer atendimento necessário.

A identidade do atleta não será divulgada e seus dados serão tratados de maneira sigilosa, sendo utilizados apenas para fins científicos. O atleta também não pagará nem receberá para participar do estudo. Além disso, o mesmo poderá cancelar sua participação na pesquisa a qualquer momento. No caso de dúvidas ou da necessidade de relatar algum acontecimento, você pode contatar os pesquisadores pelos telefones mencionados acima ou o Comitê de Ética pelo número 3220-3092.

Este documento será assinado em duas vias, sendo uma delas entregue ao sujeito/responsável da pesquisa.

Eu, _____, na condição de responsável, declaro estar ciente do exposto e autorizo o atleta _____ a participar da pesquisa.

Nome do Responsável

Eu, Lilian Keila Barazetti, declaro que forneci todas as informações do projeto ao participante e seu responsável.

Lilian Keila Barazetti – Pesquisadora Responsável

Toledo, _____, _____ de _____ de _____.

APÊNDICE C – Artigo suplementar submetido a publicação

Journal of Sports Sciences**Monitoring salivary SIgA levels in Badminton athletes during an official competition**

--Manuscript Draft--

| | |
|---------------------------|--|
| Full Title: | Monitoring salivary SIgA levels in Badminton athletes during an official competition |
| Manuscript Number: | |
| Article Type: | Original Manuscript |
| Keywords: | Secretory Immunity; racquet sports; respiratory tract infections; rate of perceived exertion; match. |
| Abstract: | <p>The down modulation of salivary SIgA antibodies is associated with increased risk of upper respiratory tract infections (URTI) in elite athletes under high training loads or competitive periods. Twenty-five Badminton male athletes from Under-17, Under-19, and Adult categories were monitored during a 4 day-championship. Saliva samples were collected before the first game and at the end of each day of competition. SIgA levels were determined through enzyme-linked immunosorbent assay. Athletes played 141 games, with a median of one game per day and maximum of 6 games per day. Higher competitive loads were perceived on day 3 (465 ± 172 A.U.) in relation to day 1 (157 ± 105, $p=0.005$) and day 2 (204 ± 127, $P=0.01$) by means of the rate of perceived exertion. On the first day, decreased median saliva flow rate (0.5, 0.3 to 0.8 ml/min; $P=0.004$) and SIgA secretion rate (18.2, 9.2 to 28.5 $\mu\text{g/ml}$; $p=0.02$) were detected. The SIgA secretion returned to basal levels after a night of rest. The majority of athletes (60 to 91%) presented low levels of resting SIgA concentration (<40 $\mu\text{g/ml}$) and were considered at high risk of developing URTI during the competition. Badminton athletes performed the competition with highly impaired salivary secretory immunity.</p> |
| Order of Authors: | <p>Lilian Keila Barazetti</p> <p>Jessica Antonia Pinesso Montovani</p> <p>Talyta Neves Duarte</p> <p>Aline Campos Zeffa</p> <p>Julio Cesar Molina Correa</p> <p>Eduardo Carlos Ferreira Tonani</p> <p>Solange de Paula Ramos</p> |

Monitoring salivary SIgA levels in Badminton athletes during an official competition

Lilian Keila Barazetti. Department of Physical Education. State University of West of Paraná.
Marechal Cândido Rondon. Brazil.

Jessica Antonia Pinesso Montovani. Master Student in Dentistry. State University of
Londrina. Londrina- PR.

Talyta Neves Duarte. Master Student in Dentistry. State University of Londrina. Londrina-
PR.

Aline Campos Zeffa. Master Student in Dentistry. State University of Londrina. Londrina-
PR.

Julio Cesar Molina Correa. Master Student in Physical Education. State University of
Londrina. Londrina- PR.

Eduardo Carlos Ferreira Tonani. Master Student in Physical Education. State University of
Londrina. Londrina- PR.

Solange de Paula Ramos. Research group in Tissue Regeneration, Adaptation and Repair.
State University of Londrina. Londrina. Brazil.

Correspondence author:

Solange de Paula Ramos

Universidade Estadual de Londrina.

Rodovia Celso Garcia Cid, km 380.

Jardim Versalhes I.

CEP 86055-900. Londrina-PR

e-mail: ramossolange@uel.br

Abstract

The down modulation of salivary SIgA antibodies is associated with increased risk of upper respiratory tract infections (URTI) in elite athletes under high training loads or competitive periods. Twenty-five Badminton male athletes from Under-17, Under-19, and Adult categories were monitored during a 4 day-championship. Saliva samples were collected before the first game and at the end of each day of competition. SIgA levels were determined through enzyme-linked immunosorbent assay. Athletes played 141 games, with a median of one game per day and maximum of 6 games per day. Higher competitive loads were perceived on day 3 (465 ± 172 A.U.) in relation to day 1 (157 ± 105 , $p=0.005$) and day 2 (204 ± 127 , $P=0.01$) by means of the rate of perceived exertion. On the first day, decreased median saliva flow rate (0.5, 0.3 to 0.8 ml/min; $P=0.004$) and SIgA secretion rate (18.2, 9.2 to 28.5 $\mu\text{g/ml}$; $p=0.02$) were detected. The SIgA secretion returned to basal levels after a night of rest. The majority of athletes (60 to 91%) presented low levels of resting SIgA concentration ($<40 \mu\text{g/ml}$) and were considered at high risk of developing URTI during the competition. Badminton athletes performed the competition with highly impaired salivary secretory immunity.

Key-words: Secretory Immunity, racquet sports, respiratory tract infections, rate of perceived exertion, match.

Funding

This work was supported by Coordination of Improvement of Higher Level Personal (CAPES, Brazil) by scholarship grant ACZ (grant no. 1763037) and the Fundação Araucária (Brazil) for scholarship grants to JCMC (protocol 47303/2017) and TND (protocol 47497/2017).

Disclosure of interest

The authors declare no conflict of interest.

INTRODUCTION

Exercise-induced alterations in mucosal immunity have been observed in athletes through modulation of salivary secretory immunoglobulin A (SIgA), during competition and training. Since SIgA is the main defense mechanism of oral and respiratory mucosa, its downmodulation has been associated with an increased risk of upper respiratory tract infections (URTIs) in athletes¹⁻³. Several factors may contribute to impairment in SIgA secretion, including psychological stress, sleep restriction and disturbances, and increased training and competitive loads²⁻⁴.

Badminton demands high-intensity efforts and intermittent actions, with shorter periods of recovery during the matches⁵⁻⁶. Official competitions are held for between 3 and 5 consecutive days, during which athletes can play between 1 and 3 daily matches that last on average 35.31 ± 14.40 minutes each, $54.14 \pm 24.51\%$ of the time being at high intensity. Both anaerobic and aerobic systems are required since athletes play at a high heart rate (HR) intensity and have a short recovery time during and between games^{5,6}. Official badminton matches can demand a high physical load, with a mean HR ranging from 157 ± 13 to 167 ± 14 bpm and a maximum HR from 188 ± 11 to 193 ± 11 bpm⁶⁻⁹. High physical demands imposed by Badminton competitions may disturb autonomic nervous system balance, resulting in decreased resting parasympathetic tone, and are associated with disturbance in sleep quality, and psychological stress⁷. Thus, Badminton athletes may be exposed to common risk factors associated with SIgA downmodulation and risk of URTIs.

Considering the high competitive load imposed on Badminton athletes during competitive events, the objective of the present study was to monitor SIgA concentration and secretion rate in male athletes during an official competition. We sought to determine the acute effects of each competition day on salivary secretory immunity and the effect of one night of rest on SIgA

secretion. We also evaluated the effect of accumulated fatigue due to successive matches played by day on secretory immunity and the presence of signs and symptoms of URTIs and oral lesions.

MATERIAL AND METHODS

Subjects

This is an observational study with male athletes participating in the Badminton National Championship, held in March 2018. 144 athletes were invited to participate in the study and 25 were included in the analysis. The athletes were from under 17 years (U17, n=9), under 19 years (U19, n=8), and Adult (n=8) categories. The athletes included in the study were ranked from the first to 37^o position in the official ranking of the Brazilian Confederation of Badminton (2018). The athletes and their caregivers were informed about the study procedures and signed the Informed Consent Form prior to data collection. Technical staff and coaches also give authorization to athletes' participation in the study. The study was approved by the Committee of Ethics in Research involving human beings from the University of the West of Parana State – Marechal Cândido Rondon (no. 2.515.358/2018) in accordance with ethical standards.

Athletes who did not complete a match due to injury, or did not return for saliva sampling 24 hours after the final daily game were excluded from the analysis. Athletes' oral health status were evaluated by two trained dentists (a periodontist and a specialist in dentistry) and the athletes who presented active caries, dental abscess, or gingival bleeding were also excluded from the analysis.

Salivary IgA enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)

Unstimulated whole saliva samples were collected in the morning, 7:00 to 10:00, before the first daily match, and immediately after the final daily game. The athletes were instructed to rinse their mouths for one minute with drinking water prior to collection. Next, unstimulated whole saliva was collected in sterile graduated tubes for two minutes. Saliva flow rate was determined by volume of saliva secreted per minute. The saliva samples were immediately placed on ice and frozen at -20°C prior to use.

The saliva samples were centrifuged at 4000g for 5 minutes for sedimentation of cell debris. The supernatant was diluted at 1:1000 in phosphate buffered saline (PBS, pH 7.2). Sample duplicates were submitted to ELISA for detection of IgA using a commercial kit (E80-102, ELISA IGA Quantification kit, Bethyl Laboratories, Montgomery, USA), according to the manufacturer's instructions. The SIgA secretion rate was determined by multiplying the SIgA concentration by saliva flow rate and expressed as micrograms secreted per minute.

Upper Respiratory Tract Infections (URTIs) and Oral Lesions

Athletes were examined by one Biomedical professional and one Dentist for detection of signs and symptoms of URTIs or mucous oral lesions (aphthous stomatitis, herpes, candidiasis, or other opportunistic infectious). Episodes of URTIs were recorded by a Biomedical professional, such as sore throat, runny nose, watery eyes, dry or productive cough, and respiratory allergic attack, associated or not with fatigue and fever.

The URTI risk was classified according to salivary SIgA concentration; Low risk if SIgA concentration was $> 60\mu\text{m/ml}$, Moderate Risk if it ranged from 40 to $60\mu\text{g/ml}$, and High Risk if $<40\mu\text{g/ml}$ ¹⁰. The resting levels of SIgA (before the first daily game) were considered for classification.

Rate of Perceived Exertion

The internal competition load was estimated using the session-RPE method. Approximately 15 minutes following the completion of every game, the players were asked to rate the intensity of the match by means of a modified 10-point RPE scale ¹¹. Internal load was computed by multiplying RPE score by total time of the match. The overall competition load was expressed as the sum of daily RPE.

Statistical analysis

Normal distribution was determined by the Shapiro-Wilk test. Parametric distributions are expressed as mean and standard deviation, and non-parametric data as median and 25 to 75 % interquartile range. The Wilcoxon test were used to determine differences in variables from Pre to Post daily games, and the Friedman test with Dunn´s post hoc to determine differences in variables at Pre, Post, and 24 hours. The Spearman rank correlation coefficient was used to determine correlations between median SIgA secretion rate variation and number of daily games. Differences were considered true if $P < 0.05$.

RESULTS

Twenty-five male Badminton athletes (18.14 ± 3.08 age, 69.54 ± 10.68 weight and 176.32 ± 6.42 height) were evaluated during the Brazilian National Badminton Championship. Twenty athletes were monitored on both Day 1 and Day 2. Eleven athletes were monitored on Day 3 and seven athletes were monitored on Day 4 (Figure 1).

The athletes played 141 games, including both single and double games (table 1).

The rate of perceived exertion was used as the internal competitive load parameter and increased on day 3 in relation to the first and second days of competition (figure 2).

Saliva flow rate and SIgA secretion rate reduced after games only on Day 1 (figure 3). No significant differences were detected in SIgA concentration.

During the competition, fifty-eight saliva samples were collected immediately after the final daily game (figure 4a). A single day of competition reduced SIgA secretion rate from Pre to Post (figure 4a). Twenty athletes were classified for the next day of competition (36 follow-ups) and saliva samples were collected the next morning (24 h after Pre sampling) (figure 4b). For the athletes who were classified for the next day of competition, a decrement was observed in SIgA secretion rate from Pre to Post, but returned to basal levels at 24 hours (figure 4b).

The athletes who played three or more games per day presented increased median SIgA secretion rate after the final daily game (Post) in relation to athletes who played only one or two games per day (table 2). However, after 24 hour (next morning), the variation from Pre values returned to basal levels and were not affected by number of games played the previous day (table 2). The variation in SIgA secretion rate at Post was correlated with the number of games played per day (table 2). No correlation was observed between the number of games played the previous day and the variation in SIgA secretion rate the next morning (24h).

The majority of athletes were classified as “High risk” for URTIs during competition days (table 3). Three athletes developed URTI symptoms, with one new case detected each day from the second to fourth days (Table 3) in the high risk group. No URTI episodes were detected in athletes classified as “Moderate” or “Low risk”. In “High risk” athletes, three subjects developed aphthae lesions (oral lesions) during the competition (table 3). One athlete presented aphthae lesions on the second day (unplaced on day 2), one presented aphthae lesions on day 3 (unplaced on day 3), and another developed lesions on day 4. Only one athlete presented low risk, and he was unplaced on day 3.

DISCUSSION

The main finding of the study was that Badminton athletes presented a decrease in SIgA secretion rate and saliva flow rate during a day of competition, but SIgA levels returned to basal levels after a single night of rest. The variation in salivary secretory immunity did not parallel the overall physical efforts (perceived exertion and number of successive games per day). On the other hand, the majority of athletes presented low levels of SIgA concentration in saliva during the competition. Although the incidence of URTIs and other oral lesions was low, inflammatory episodes were found in athletes who presented low concentrations of SIgA at rest.

Intense efforts decreased saliva flow rate and SIgA secretion rate during intense training periods in synchronized swimmers¹², track and field athletes¹³, volleyball players¹⁴, and soccer players¹⁵. On the other hand, although four weeks of intensified training load increased salivary SIgA secretion in rhythmic gymnastics¹⁶, no change in mucosal immunity was observed in judo athletes during a period of training and competitions, even with higher intensity loads during training¹⁷. These results suggest that although highly physical demanding training or competitions negatively impacted secretory immunity in some sports, in others no effects were observed^{10, 14, 16, 17}. In the present study, we observed that the majority of the Badminton athletes presented low levels of SIgA secretion rate on the first day of competition. This may suggest that preparatory training might have impaired salivary secretion before completion and the Badminton athletes were prone to develop URTIs when they arrived at this competition. Although training loads were not monitored before the Badminton championship, caution should be taken by coaches and technical teams to monitor training loads and secretory immunity of athletes during preparation periods in order not to increase the risk of SIgA downmodulation and URTIs before or during competitive events.

An acute decrement in saliva flow rate and SIgA secretion have been reported after competitions in some sports. It was demonstrated that decreased levels of salivary SIgA were detected after a male soccer simulated match; those athletes who presented a negative anabolic balance and covered less total distances presented lower levels of salivary SIgA¹⁸. A study in judo athletes during a competition demonstrated that athletes who were better classified presented increased saliva flow rate¹⁹. In the present study, a significant downmodulation of saliva flow rate and SIgA secretion rate were detected after games on the first day of competition. This suggests that competition may evoke a temporary imbalance in saliva secretion in the majority of athletes, especially during the classificatory phase of competitions. Despite a temporary drop in saliva flow rate and salivary SIgA, athletes did not experience prolonged impairment in saliva secretion which returned to basal levels after a night of rest.

Some authors demonstrated that competitive events seemed not to affect secretory immunity in well-trained soccer and judo athletes who presented a better performance and anabolic balance^{18, 19}. Other authors reported no differences in SIgA concentration after consecutive official female soccer matches²⁰. In the present study, decreased salivary secretion was more evident on the first day of the competition. However, athletes who were best ranked and classified for the final matches advanced in the competition on days 3 and 4 (final) without a significant drop in salivary secretion. A schedule of congested games on consecutive days did not significantly downmodulate saliva secretion. Neither the increased median games played per day nor the accumulated fatigue after successive days of competition evoked significant alterations in saliva secretion on days 3 and 4. A congested competitive period could decrease salivary secretion due to accumulated stress and fatigue in soccer players²¹. Comparing 4 consecutive days of high intensity and low intensity training in soccer athletes, cumulative weekly training load induced a significant drop in post-training SIgA concentration only on the fourth high intensity training day¹⁵. However, a study in fencing athletes demonstrated that

successive matches in a competition did not evoke significant changes in SIgA levels, even after high intensity anaerobic efforts ²². In elite synchronized swimmers, a competitive period also did not evoke impairment in resting salivary secretory immunity during five consecutive days of competitions ¹². In the present study, the results suggest that a congested period of competition, with more than one game per day, on successive days, did not reach high enough levels of effort to induce significant impairment in salivary secretory immunity in Badminton athletes.

CONCLUSIONS

We conclude that the majority of the Badminton athletes were at risk of developing URTIs and oral lesions due to reduced levels of SIgA secretion during the competition. Although a single day of competition may decrease salivary secretion, it returned to basal levels after a night of rest. Successive days of competition and the number of games played per day did not significantly impair salivary secretion at rest.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Associação Amigos do Badminton (Toledo, Paraná, Brazil), Centro de Formação e Excelência em Badminton Murialdo (CFEB Murialdo, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil), Associação Miratus de Badminton (Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil), Badminton Blumenau Clube (Blumenau, Santa Catarina, Brazil), Santa Mônica Clube de Campo (Curitiba, Paraná, Brasil), Ibirama Badminton (Ibirama, Santa Catarina, Brazil) and the Brazilian Confederation of Badminton. We thank the Coordination of Improvement of Higher Level Personal (CAPES, Brazil) for the financial support for scholarship grants to ACZ (grant no. 1763037). We thank the Fundação Araucária (Brazil) for scholarship grants to JCMC (protocol 47303/2017) and TND (protocol 47497/2017).

REFERENCES

1. Orysiak J, Witek K, Zembron-Lacny A, Morawin B, Malczewska-Lenczowska J, Sitkowski D. Mucosal immunity and upper respiratory tract infections during a 24-week competitive season in young ice hockey players. *J Sports Sci* 2017;35:1255-1263.
2. Trochimiak T, Hubner-Wozniak E. Effect of exercise on the level of immunoglobulin a in saliva. *Biol Sport* 2012;29:255-261.
3. Keaney LC, Kilding AE, Merien F, Dulson DK. The impact of sport related stressors on immunity and illness risk in team-sport athletes. *J Sci Med Sport* 2018.
4. Gleeson M, Pyne DB, Elkington LJ, Hall ST, Attia JR, Oldmeadow C, et al. Developing a multi-component immune model for evaluating the risk of respiratory illness in athletes. *Exerc Immunol Rev* 2017;23:52-64.
5. Phomsoupha M, Laffaye G. The science of badminton: game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics. *Sports Med* 2015;45:473-495.
6. Faude O, Meyer T, Rosenberger F, Fries M, Huber G, Kindermann W. Physiological characteristics of badminton match play. *Eur J Appl Physiol* 2007;100:479-485.
7. Bisschoff CA, Coetzee B, Esco MR. Relationship between Autonomic Markers of Heart Rate and Subjective Indicators of Recovery Status in Male, Elite Badminton Players. *J Sports Sci Med* 2016;15:658-669.
8. Abdullahi Y, Coetzee B, Van den Berg L. Relationships Between Results Of An Internal And External Match Load Determining Method In Male, Singles Badminton Players. *J Strength Cond Res* 2017.
9. Cabello Manrique D, Gonzalez-Badillo JJ. Analysis of the characteristics of competitive badminton. *Br J Sports Med* 2003;37:62-66.
10. Gleeson M, McDonald WA, Pyne DB, Cripps AW, Francis JL, Fricker PA, et al. Salivary IgA levels and infection risk in elite swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:67-73.
11. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 2001;15:109-115.
12. Tanner A, Day S. The Effects of a 4-Week, Intensified Training, and Competition Period on Salivary Hormones, Immunoglobulin A, Illness Symptoms, and Mood State in Elite Synchronised Swimmers. *Sports (Basel)* 2017;5.
13. Guilhem G, Hanon C, Gendreau N, Bonneau D, Guevel A, Chennaoui M. Salivary Hormones Response to Preparation and Pre-competitive Training of World-class Level Athletes. *Front Physiol* 2015;6:333.
14. Li TL, Lin HC, Ko MH, Chang CK, Fang SH. Effects of prolonged intensive training on the resting levels of salivary immunoglobulin A and cortisol in adolescent volleyball players. *J Sports Med Phys Fitness* 2012;52:569-573.
15. Owen AL, Wong del P, Dunlop G, Groussard C, Keksi W, Dellal A, et al. High-Intensity Training and Salivary Immunoglobulin A Responses in Professional Top-Level Soccer Players: Effect of Training Intensity. *J Strength Cond Res* 2016;30:2460-2469.
16. Antualpa K, Aoki MS, Moreira A. Intensified Training Period Increases Salivary IgA Responses But Does Not Affect the Severity of Upper Respiratory Tract Infection Symptoms in Prepuberal Rhythmic Gymnasts. *Pediatr Exerc Sci* 2018;30:189-197.
17. Agostinho MF, Moreira A, Julio UF, Marcolino GS, Antunes BM, Lira FS, et al. Monitoring internal training load and salivary immune-endocrine responses during an annual judo training periodization. *J Exerc Rehabil* 2017;13:68-75.
18. Penailillo L, Maya L, Nino G, Torres H, Zbinden-Foncea H. Salivary hormones and IgA in relation to physical performance in football. *J Sports Sci* 2015;33:2080-2087.

19. Papacosta E, Nassis GP, Gleeson M. Salivary hormones and anxiety in winners and losers of an international judo competition. *J Sports Sci* 2016;34:1281-1287.
20. Maya J, Marquez P, Penailillo L, Contreras-Ferrat A, Deldicque L, Zbinden-Foncea H. Salivary Biomarker Responses to Two Final Matches in Women's Professional Football. *J Sports Sci Med* 2016;15:365-371.
21. Moreira A, Bradley P, Carling C, Arruda AF, Spigolon LM, Franciscon C, et al. Effect of a congested match schedule on immune-endocrine responses, technical performance and session-RPE in elite youth soccer players. *J Sports Sci* 2016;34:2255-2261.
22. Turner AN, Kilduff LP, Marshall GJG, Phillips J, Noto A, Buttigieg C, et al. Competition Intensity and Fatigue in Elite Fencing. *J Strength Cond Res* 2017;31:3128-3136.

Table 1. Number of games played per day and median number of games played by each athlete.

| | Single games | Double games | Total of games |
|-------------------------------|--|--|--|
| Day 1 (n=20) | 29 games Median: 01 Minimum: 01 Maximum: 02 | 10 games Median: 01 Minimum: 01 Maximum: 02 | 39 games Median: 01 Minimum: 01 Maximum: 03 |
| Day 2 (n=20) | 17 games Median: 01 Minimum: 01 Maximum: 02 | 40 games Median: 01 Minimum: 02 Maximum: 02 | 57 games Median: 01 Minimum: 02 Maximum: 04 |
| Day 3 (n=11) | 12 games Median: 01 Minimum: 01 Maximum: 02 | 23 games Median: 01 Minimum: 02 Maximum: 04 | 35 games Median: 03 Minimum: 01 Maximum: 06 |
| Day 4 (n=7) | 03 games Median: 01 Minimum: 01 Maximum: 01 | 07 games Median: 01 Minimum: 01 Maximum: 02 | 10 games Median: 01 Minimum: 01 Maximum: 02 |
| Total | 61 games | 80 games | 141 games |

Table 2. Median variation in SIgA secretion rate after the final daily game (Post), the next morning (24h after Pre), and correlation with number of daily games.

| | % Δ SIgA secretion rate | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | Pre X Post | Next morning (Pre X 24h) |
| One game per day | -16.2 [-50.9 – 14.3]% | 44.6 [-31.6 – 92.7]% |
| Two games per day | -28.1 [-50.0 – 7.2]% | - 1.05 [-34.0 – 120.1]% |
| Three or more games per day | 58.7 [-0.50 – 146.6]% ** | 37.3 [-26.8 – 127.2]% |
| Total variation | -08.4 [-50.0 – 50.3]% | 37.3 [-29.0 – 107.8]% |
| Correlation of number of games and % Δ SIgA variation | N= 56 subjects r = 0.30 p = 0.02 | N= 38 subjects r = 0.13 p = 0.42 |

** $P < 0.01$ in relation to one and two games (Dunn's test).

Table 03. Classification of athletes by risk of URTIs and number of cases of URTI episodes and oral lesions (OL) per day of competition.

| | Day 1 (n=20) | Day 2 (n=20) | Day 3 (n=11) | Day 4 (=07) |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| High risk (< 40µg/ml) | 13 (65%) | 12 (60%) | 10 (91%) | 05 (71%) |
| URTIs | - | 01 (05%) | 02 (18%) | 03 (43%) |
| OL | - | 01 (05%) | 01 (09%) | 01 (14%) |
| Moderate risk (40 to 60 µg/ml) | 06 (30%) | 07 (35%) | - | 02 (29%) |
| URTIs | - | - | - | - |
| OL | - | 01 (05%) | - | - |
| Low risk (>60 µg/ml) | 01 (05%) | 01 (05%) | 01 (09%) | - |
| URTIs | - | - | - | - |
| OL | - | - | - | - |

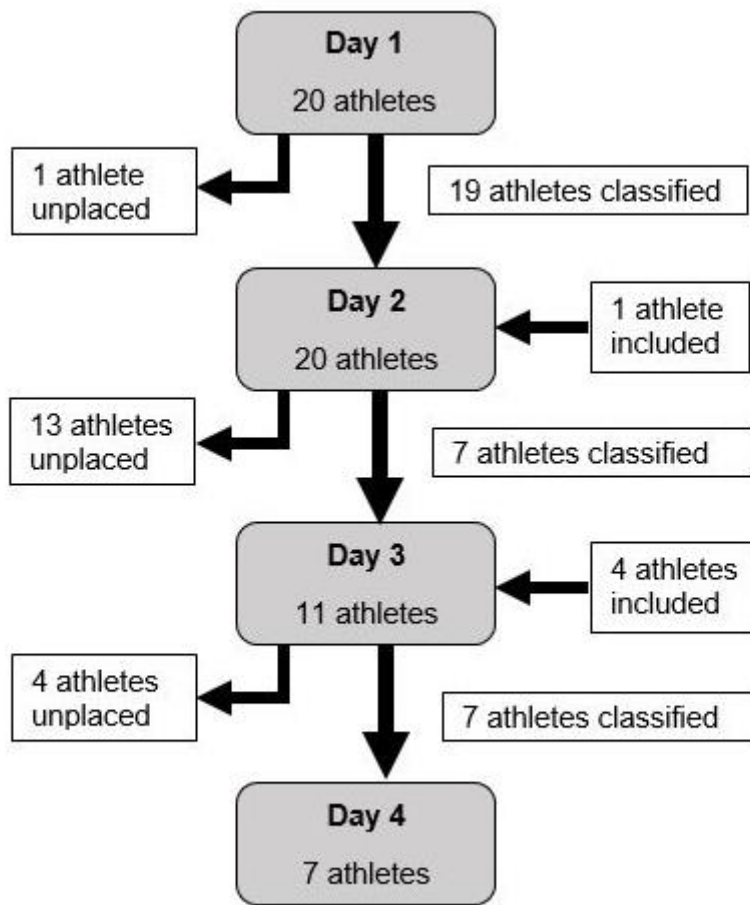


Figure 1. Schedule of athlete recruitment.

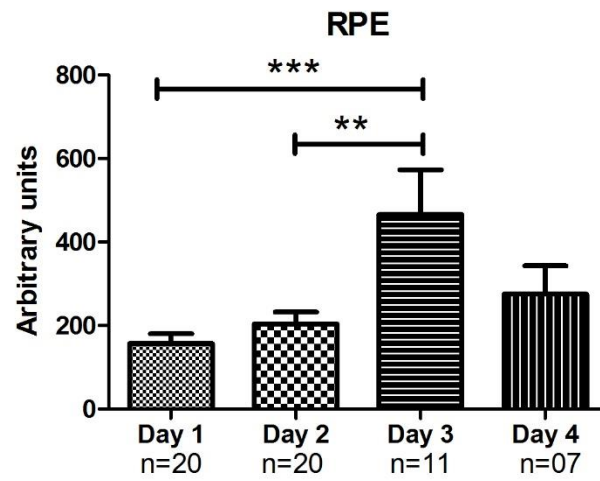


Figure 2. Mean (standard deviation) of rate of perceived exertion of Badminton athletes. ** $P < 0.01$, *** $P < 0.005$, Tukey test.

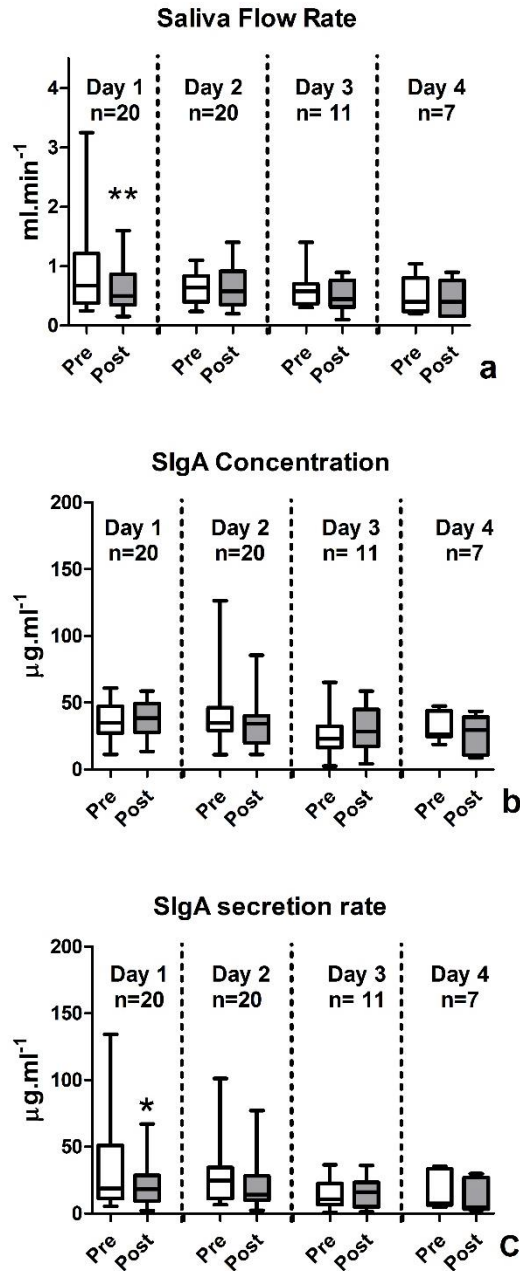


Figure 3. Saliva flow rate (a), salivary SIgA concentration (b), and SIgA secretion rate (c) evaluated during the National Badminton Championship (2018). The athletes were evaluated in the morning (Pre), before the first daily game, and immediately after ending the final game (Post). * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ in relation to Pre, Wilcoxon's test.

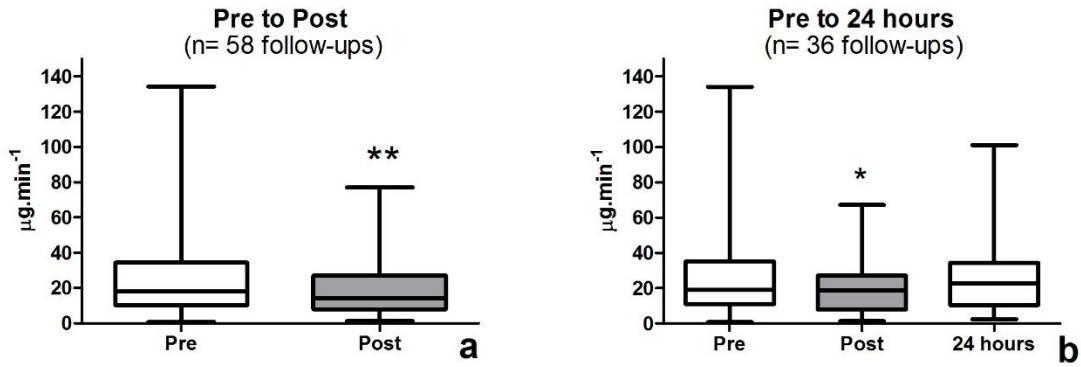


Figure 4. SIgA secretion rate evaluated during the National Badminton Championship (2018). Data expressed as median and interquartile range. a) The athletes were evaluated in the morning (Pre), before the first daily game, and immediately after ending the final game (Post). ** $P < 0.01$, in relation to Pre, Wilcoxon's test. b) The athletes who were classified for the next day of competition were evaluated at Pre, Post, and the next morning (24 hours). * $P < 0.05$ in relation to Pre, Dunn's test.

ANEXOS

ANEXO A - Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos

UNIOESTE - CENTRO DE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito da Fototerapia sobre a recuperação e desempenho em atletas de badminton

Pesquisador: LILIAN KEILA BARAZETTI

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 79756317.3.0000.0107

Instituição Proponente:

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.515.358

Apresentação do Projeto:

Reapresentação

Objetivo da Pesquisa:

Reapresentação

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Reapresentação

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Reapresentação

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A proponente atendeu aos quesitos de pendência estabelecidos pelo Colegiado do CEP

Recomendações:

Aprovação

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovação

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: UNIVERSITARIA

Bairro: UNIVERSITARIO

CEP: 85.819-110

UF: PR

Município: CASCAVEL

Telefone: (45)3220-3272

E-mail: cep.prppg@unioeste.br

UNIOESTE - CENTRO DE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE



Continuação do Parecer: 2.515.358

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|---|---|------------------------|------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1021770.pdf | 14/12/2017 13:30:19 | | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | Tcle_MODIFICADO.pdf | 14/12/2017 13:19:41 | LILIAN KEILA BARAZETTI | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | Efeito_da_Fototerapia_badminton.pdf | 09/11/2017 11:01:03 | LILIAN KEILA BARAZETTI | Aceito |
| Folha de Rosto | FOLHA_DE_ROSTO.pdf | 09/11/2017 10:58:15 | LILIAN KEILA BARAZETTI | Aceito |
| Declaração de Pesquisadores | uso_dados_arquivo.pdf | 09/11/2017 10:56:45 | LILIAN KEILA BARAZETTI | Aceito |
| Declaração de Pesquisadores | declaracao_pesquisadora.pdf | 09/11/2017 10:56:19 | LILIAN KEILA BARAZETTI | Aceito |

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CASCADEL, 27 de Fevereiro de 2018

Assinado por:

Fausto José da Fonseca Zamboni
(Coordenador)

Endereço: UNIVERSITARIA

Bairro: UNIVERSITARIO

CEP: 85.819-110

UF: PR

Município: CASCAVEL

Telefone: (45)3220-3272

E-mail: cep.prppg@unioeste.br