

IZABELA APARECIDA DOS SANTOS

**EFEITOS DA TERAPIA DE FOTOBIMODULAÇÃO AGUDA SOBRE
DESEMPENHO DE TESTES ESPECÍFICOS EM ATLETAS AMADORAS DE
FUTSAL FEMININO**

UBERABA

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Izabela Aparecida dos Santos

**EFEITOS DA TERAPIA DE FOTOBIMODULAÇÃO AGUDA SOBRE
DESEMPENHO DE TESTES ESPECÍFICOS EM ATLETAS AMADORAS DE
FUTSAL FEMININO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, linha de pesquisa Desempenho Humano e Esporte, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Gustavo Ribeiro da Mota.

UBERABA

2019

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

S235e Santos, Izabela Aparecida dos
Efeitos da terapia de fotobiomodulação sobre desempenho em testes específicos em atletas amadoras de futsal feminino / Izabela Aparecida dos Santos. -- 2019.
66 f. : il., fig., graf., tab.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2019
Orientador: Prof. Dr. Gustavo Ribeiro da Mota

1. Futebol. 2. Jogadoras de futebol. 3. Futebol - Treinamento. 4. Fototerapia. I. Mota, Gustavo Ribeiro da. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 796.332

Izabela Aparecida dos Santos

**EFEITOS DA TERAPIA DE FOTOBIMODULAÇÃO AGUDA SOBRE
DESEMPENHO DE TESTES ESPECÍFICOS EM ATLETAS AMADORAS DE
FUTSAL FEMININO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, linha de pesquisa Desempenho Humano e Esporte, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2019.

Banca examinadora:

Dr. Gustavo Ribeiro da Mota
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dr. Octávio Barbosa Neto
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dr. Alessandro Moura Zagatto
Universidade Estadual Paulista

Á minha família por serem meu alicerce!

Aos meus avôs (in memoriam).

Aos velhos e novos amigos.

A todos professores que tive até hoje!

AGRADECIMENTOS

Infinitamente à Deus pela vida e por sempre guiar meus passos nos caminhos por ele desejados, serei sempre instrumento de vossa vontade!

Aos meus pais Paulina e Uilton por todo cuidado, amor e carinho a mim dedicados, sem vocês certamente nada seria possível.

À minha irmã Paula por ser a primeira e melhor amiga na vida, sempre aconselhando a seguir o caminho do bem.

À minha sobrinha Antonella que tão pequena já mostra garra e perseverança admiráveis, sem dúvida ser tia me fez uma pessoa melhor.

Ao professor Gustavo que tenho a honra em tê-lo como orientador, pois além de exemplo como educador e cientista é também um exemplo de vida, uma inspiração para mim.

Aos companheiros de jornada que não ousarei em citar nomes, pois graças à Deus tenho um número considerável, mas cada um sabe da importância que tem para minha caminhada até aqui, em especial à Marina por toda parceria e evolução compartilhada.

Aos professores dos cursos de graduação e pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal do Triângulo Mineiro por não medirem esforços para compartilhar conhecimentos, serei eternamente grata e realizada em ter feito parte desta casa.

Aos funcionários do PPGEF por buscarem dia após dia auxiliar à todos nos momentos mais difíceis.

À professora Vitória pela paciência e auxílio, aos laboratórios de biomecânica da UFU (prof. Guilherme Augostini) e biofotônica (USP) pela contribuição e ao técnico de laboratório Eduardo pela solicitude.

À equipe de coleta: Marina, Armando, Nathália e Luiza por abrirem e fecharem o laboratório comigo, dias e horas que pareciam intermináveis, sem vocês esse trabalho não sairia.

À todas as voluntárias que se prontificaram a participar do estudo, vocês são demais.

Enfim, à todos que acreditaram em mim, espero nunca os decepcionar!

*“Sucesso é um esporte coletivo. Demonstre gratidão a todos os que colaboram
com suas vitórias.”*

Carlos Hilsdorf

RESUMO

A otimização aguda do desempenho após aplicação da terapia de fotobiomodulação (TFBM) tem sido relatada em diferentes tipos de exercícios. No entanto, efeitos em exercícios intensos e de alta intensidade são desconhecidos. Avaliar o efeito da aplicação aguda e prévia da TFBM no desempenho de alta intensidade, exercício intermitente e indicadores fisiológicos/perceptivos em atletas amadoras de futsal. Treze jogadoras de futsal (idade = $24,1 \pm 3,7$ anos, massa (kg) = $63,6 \pm 8,0$, altura = $1,61 \pm 0,04$, IMC = $24,3 \pm 3,2$ e percentual de gordura (%) = $27,9 \pm 4,4$), de maneira cruzada e aleatoriamente em diferentes dias receberam a TFBM ou SHAM e após realizaram os testes CMJ, Illinois de agilidade e YYIR1, além de responderem a percepção subjetiva de recuperação, dor e percepção de esforço, a frequência cardíaca e concentração de lactato foram monitoradas e analisadas. A distância percorrida no YYIR1 não diferiu ($p = 0,93$) entre TFBM ($353,8 \pm 97,7$ m) e SHAM ($350,8 \pm 88,1$ m), bem como altura no CMJ pré ($18,5 \pm 1,7$ SHAM; $19,3 \pm 2,8$ TFBM) e pós ($18,9 \pm 1,9$ SHAM; $19,3 \pm 3,0$ TFBM) e entre o melhor tempo, média e tempo total no teste agilidade, as variáveis de intensidade (lactato, PSE e FC) e recuperação aguda também não foram estatisticamente diferentes entre as duas condições. A aplicação aguda da TFBM antes dos exercícios não influencia o desempenho específico com características de alta intensidade e intermitente, nem a intensidade fisiológica e percebida em atletas amadoras de futsal feminino.

Palavras-chave: Desempenho intermitente. Recurso ergogênico. Laserterapia de baixa intensidade. Futsal feminino.

ABSTRACT

The acute improvement of performance after photobiomodulation therapy (PBMT) has been reported in different types of exercises. However, the effect on high-intensity and intermittent exercise is unknown. To evaluate the effect of prior acute application of PBMT on high-intensity and intermittent exercise performance and physiological/perceptual indicators in amateur female futsal players. Thirteen female futsal players (24.1 ± 3.7 years, body (kg) = 63.6 ± 8.0 , height (cm) = 1.61 ± 0.04 , IMC = 24.3 ± 3.2 and percentage of fat (%) = 27.9 ± 4.4) cross-over and randomly on different days received either PBMT or SHAM and performed the CMJ, Illinois agility and YYIR1 tests, as well as responding to recovery status, perceived exertion, heart rate monitoring, and concentration of lactate analyzed. The distance walked on the YYIR1 did not differ ($p = 0.93$) between PBMT (353.8 ± 97.7 m) and SHAM (350.8 ± 88.1 m), as well as pre-CMJ height (18.5 ± 1.7 SHAM, 19.3 ± 2.8 PBMT) and post (18.9 ± 1.9 SHAM, 19.3 ± 3.0 PBMT) and between the best time, average and total time in the agility test, the variables intensity (lactate, RPE and HR) and acute recovery were also not statistically different between the two conditions. The acute application of PBMT prior to exercises does not influence specific high-intensity and intermittent exercise performance, neither physiological and perceptual intensity in amateur female futsal players.

Key-words: Intermittent performance. Ergogenic aid. Low-level laser therapy. Female futsal.

LISTA DE FIGURAS

Figura

1. Janela óptica.....	20
2. Possíveis integrações da luz com o tecido.....	21
3. Desenho experimental.....	27
4. Pontos de aplicação.....	29
5. Teste Illinois de agilidade.....	31
6. YoYo intermitente de recuperação nível 1.....	32
7. Desempenho do YYIR1.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela

1. Características da amostra.....	25
2. Parâmetros de aplicação da TFBM.....	29
3. Desempenho do teste Illinois de agilidade.....	33
4. Variáveis de intensidade do teste YYIR1.....	34
5. Variáveis de intensidade pós testes e início da recuperação aguda.....	34

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

~	Aproximadamente
ATP	Adenosina trifosfato
Bpm	Batimento por minuto
CMJ	Salto vertical contramovimento
Cox	Citocromo c oxidase
CK	Creatina quinase
EVA	Escala visual analógica
FC	Frequência cardica
FCmáx	Frequência cardica máxima
FCpico	Frequência cardica pico
FCrec	Frequência cardica de recuperação
NO	Oxido nitro
PSE	Percepção subjetiva de esforço
PSREC	Percepção subjetiva de recuperação
TFBM	Terapia de fotobiomodulação
UA	Unidades arbitrárias
VO2	Volume de oxigênio
VO2mx	Volume máximo de oxigênio
vs	Versus
YYIR1	YoYo intermitente de recuperação nível 1

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEORICO	15
2.1 TESTES PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	15
2.1.1 Salto vertical.....	15
2.1.2 Testes de agilidade	16
2.1.3 Testes intermitentes.....	17
2.2 TERAPIA DE FOTOBIMODULAÇÃO.....	19
2.2.1 Mecanismos envolvidos na terapia de fotobiomodulação	20
2.2.2 Terapia de fotobiomodulação como recurso ergogênico	22
3.0 MÉTODOS	25
3.1 AMOSTRA E CUIDADOS ÉTICOS	25
3.2 DESENHO EXPERIMENTAL.....	26
3.2.2 Medidas antropométricas	27
3.2.3 Percepção subjetiva de recuperação e Escala analógica visual de dor	28
3.2.4 Concentração de lactato, frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço	28
3.2.5 Terapia de fotobiomodulação e SHAM	28
3.2.6 Salto vertical contramovimento e Teste Illinois de agilidade	30
3.2.7 YoYo intermitente de recuperação nível 1 (YYIR1)	31
3.2.8 Análise estatística.....	32
4. RESULTADOS	33
5. DISCUSSÃO	35
6. CONCLUSÃO	38
REFERENCIAS	39
ANEXO A	46
ANEXO B	48
ANEXO C	49

1. INTRODUÇÃO

Historicamente a terapia de fotobiomodulação (TFBM) em experimentos clínicos demonstrou relevância para a cicatrização de feridas (aguda e crônica) devido ao aumento da síntese de colágeno e melhora da neovascularização e angiogênese (LALONDE et al., 2004). Hoje, a TFBM vem sendo investigada como um possível auxílio ergogênico para otimização do desempenho físico (LEAL JÚNIOR et al., 2008).

Sugere-se que a TFBM possa ter efeitos sobre o mecanismo enzimático mitocondrial para a produção de adenosina trifosfato (ATP) (BAKEEVA, RODICHEV, KARU, 1993; MANTEIFEL, KARU, 2005), levando a uma maior ressíntese de fosfocreatina, essa maior ressíntese de fosfocreatina poderia fornecer energia necessária para a ressíntese do ATP, aumentando o desempenho em atividades como *sprints* repetidos (encontrados, por exemplo, no jogo de futsal), ou durante exercícios de alta intensidade (FERRARESI et al., 2011). Um estudo mostrou que a TFBM aumentou o número de repetições no teste de força em atletas de voleibol em comparação com o tratamento placebo, os autores especularam que essa melhora ocorreu pelo aumento da fosfocreatina ressintetizada. Se a TFBM pode melhorar a ressíntese de fosfocreatina, um melhor desempenho em exercícios de alta intensidade com período curto de recuperação poderia ser esperado se tornando um potencial instrumento para esportes coletivos (LEAL JUNIOR et al., 2010).

Os efeitos positivos da TFBM (aplicada antes do exercício) no desempenho de exercícios de resistência foram encontrados recentemente. Por exemplo, um estudo mostrou que a TFBM aumentou o tempo de exaustão em um teste incremental (esteira) em ~ 15 segundos (placebo de 697s vs 711s TFBM) e no volume máximo de oxigênio (VO₂max ~ 2,3%). Além disso, o mesmo estudo encontrou uma redução dos marcadores de estresse oxidativo, os autores especularam que as melhorias alcançadas poderiam estar relacionadas ao aumento da microcirculação e também a otimização da função mitocondrial (DE MARCHI et al., 2012). Outro estudo apresentou também melhoras em teste incremental (esteira), quando os indivíduos receberam a aplicação prévia de TFBM a distância percorrida aumentou em ~ 6,2% (ou ~ 120 m) e o tempo até a exaustão em ~ 38seg (MIRANDA et al., 2016), sugerindo, portanto, um efeito positivo consistente da TFBM no desempenho de resistência.

Embora os mecanismos da TFBM que melhoram o desempenho de *endurance* não estejam completamente elucidados, parece que o metabolismo mitocondrial exerce importante função.

Neste contexto, a luz da TFBM ativa o Cox mitocondrial (complexo IV) aumentando o fluxo de elétrons na cadeia respiratória, ampliando a quantidade de H^+ . Portanto, possivelmente a disponibilidade de energia (ATP) para as atividades celulares seria aumentada pela TFBM (ALBUQUERQUE-PONTES et al., 2015).

Embora os achados da TFBM em alguns tipos de exercício sejam promissores, especialmente em *endurance*, desconhece-se o potencial da TFBM para atividades envolvendo exercícios intermitentes de alta intensidade, incluindo mudanças de direção, aceleração e desaceleração que são relevantes para esportes coletivos (NEGRA et al., 2017).

Como alguns estudos demonstraram que a TFBM tem capacidade para melhorar o desempenho físico, este estudo avaliou o efeito da aplicação prévia (aguda) da TFBM no desempenho de alta intensidade e exercício intermitente, isto é, teste de salto de contramovimento (CMJ), teste Illinois de agilidade e YoYo intermitente de recuperação nível 1 (YYIR1), assim como, indicadores fisiológicos/perceptivos, bem como recuperação aguda em jogadoras amadoras de futsal. Nossa hipótese é que a TFBM melhoraria o desempenho nos testes específicos selecionados.

2. REFERENCIAL TEORICO

2.1 TESTES PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

2.1.1 Salto vertical

O desempenho esportivo dentro de sua complexidade, fundamenta-se como a ótima execução de uma tarefa em movimento, sendo esse (movimento), um componente integral do esporte independentemente do nível (KISS et al., 2004). A avaliação prévia do desempenho é o primeiro passo para o início da estruturação de um programa de treinamento, esta avaliação geralmente é baseada em testes específicos, como demanda energética, repertório motor e até mesmo tempo de execução.

Diferentes modalidades utilizam saltos dentro das ações motoras exigidas durante jogos ou provas, como o voleibol, basquetebol, futebol, saltos no atletismo, etc. (UGRINOWITSCH, BARBANTI, 1998).

A redução do nível de *performance* é algo multifatorial envolvendo fadiga central e periférica, fadiga em si é a redução induzida pelo exercício na capacidade de força máxima gerada pelo músculo (GANDEVIA, 2001). Com isso, questionários psicológicos e testes de desempenho mostram serem boas ferramentas para avaliar a fadiga decorrente de exercícios intensos (KELLMANN, 2010; ROWSELL et al., 2011).

Em jogos de futsal os membros inferiores dos atletas são exigidos o tempo todo em tarefas como, andar, correr, saltar, com isso, na sua maioria utilizam ações de ciclos alongamento-encurtamento (CAE) de fibras musculares, executar repetidas vezes movimentos com esse padrão parecem provocar desarranjos musculares e conseqüentemente alterações reflexas que podem promover reduções no desempenho de saltos de característica CAE (HORITA et al., 1996; KOMI, 2000). Nessa perspectiva, testes de saltos verticais são sensíveis detectores de fadiga após jogos de futsal (TESSITORE et al., 2008).

Saltos verticais não se limitam em ferramentas de identificação da fadiga como citado acima, mas também como avaliadores de desempenho neuromuscular e potência muscular de membros inferiores decorrentes de adaptações ao treinamento, por exemplo (SKURVYDAS et al., 2011), além de potente diagnosticador de recuperação física (HALSON, 2014).

Dentre os testes de saltos, os comumente utilizados são o “*squat jump*” (SJ) e “*countermovement jump*” (CMJ), a diferença principal entre eles é a presença inteiramente do

CAE no CMJ e a mínima e/ou falta desse componente no SJ. Diferentes protocolos para esses saltos também são presentes na literatura (KOMI, BOSCO, 1978; BOSCO, RIU, 1994), cabendo aos pesquisadores e equipes técnicas desportivas selecionar e analisar qual melhor se encaixa dentro do seu respectivo cenário de avaliação.

2.1.2 Testes de agilidade

No futsal a agilidade é uma das valências físicas predominantes, tendo em vista de ações de deslocamentos em diferentes direções (laterais, frontais, para trás) e grandes períodos de aclarações (ARAÚJO et al., 1996).

A agilidade é definida como capacidade de movimento corporal rápido com mudança de velocidade e direção em resposta a um estímulo no menor tempo possível. Subtendido essa definição, a agilidade é entendida como um processo de tomada de decisão percebida que resulta em mudança de direção ou velocidade (SHEPPARD, YOUNG, 2006). Qualidades, essas, presentes em praticamente todas modalidades coletivas.

Para avaliar essa importante capacidade física há inúmeros testes, essas medidas avaliam um ou múltiplos componentes da agilidade, incluindo movimentos unidirecionais (única direção), bidirecionais (duas direções) e multidirecionais (três ou mais direções), podendo incluir (ou não) transições de aceleração e desaceleração ao mudar de direção (PAUOLE et al., 2000; SASSI, 2009).

Entre os testes, presente em diversos estudos com diferentes populações é o teste de T. Pauole et al. (2000), afirma que o teste T é uma medida confiável para velocidade de corrida, potencia de membros inferiores e agilidade, além de preditor de desempenho físico/esportivo em homens e mulheres jovens e saudáveis e em diferentes modalidades.

O teste Edgren Side Step (ESST) foi criado a fim de avaliar a mobilidade lateral em alta velocidade de jogadores de basquetebol, porém detalhes do teste como metragens não foram pactuadas (EDGREN, 1932). Semenick et al. (1994), chamam a atenção acerca do ESST ser um teste bastante popular, entretanto, é fundamental estabelecer sua regularidade e validação para populações especiais.

Outro teste, Illinois de agilidade, bastante comum e descrito primeiramente em meados de 1940 com características peculiares como a partida em decúbito ventral para uma transição em pé, subsequente por combinações de manobras multidirecionais em torno de obstáculos (CURETON, 1951). Após perceberem que a não especificidade da partida (decúbito ventral)

nas modalidades esportivas, houve adaptações e variações, estabelecendo um percurso mais curto e a partida em pé (GABBETT, 2002).

Diferentes autores caracterizam o teste Illinois de agilidade como medida de agilidade multidirecional e válida para diversos esportes, todavia, sem determinar métricas e tempo de percurso como requisitos pré-estabelecidos (MILLER et al., 2006; PEARSON, NAUGHTON, TORODE, 2006; VESCOVI, MCGUIGAN, 2008).

2.1.3 Testes intermitentes

O futsal é a versão *indoor* do futebol, caracterizado por esforços intermitentes de alta intensidade e com curtos períodos de recuperação (BARBERO-ALVAREZ et al., 2009; GOROSTIAGA et al., 2009). Avaliar o desempenho dentro de um jogo propriamente dito é altamente complexo e pouco prático, além da necessidade em recursos e análises dificultosas.

Com base nisso, testes indiretos, práticos e de baixo custo a fim de avaliar o desempenho físico e fisiológico para atletas de futebol, porém utilizado em modalidades intermitentes no geral como futsal, handebol, basquetebol, rúgbi, vem ganhando espaço no meio prático e científico, são eles os YoYo intermitentes em suas diferentes variações.

Criados por Bangsbo e posteriormente modificados e/ou adaptados, o total de YoYo testes são quatro, sendo eles: YoYo intermitente de recuperação nível 1 (YYIR1), YoYo intermitente de recuperação nível 2 (YYIR2), YoYo intermitente *endurance* nível 1 (YYIE1), YoYo intermitente *endurance* nível 2 (YYIE2). O YYIR1 assim como os demais foi criado com base de demarcação para corrida de 20 metros, porém a área de recuperação nesse caso é de 5 metros. Este teste tem como principal objetivo mensurar a capacidade de realizar repetidas corridas intensas, adiante avaliar a potencial de rápida recuperação frente a tal estresse (BANGSBO et al., 2008; KRUSTRUP et al., 2003).

O teste é executado basicamente através de um dispositivo sonoro, onde é indicado o momento de partida, curva e chegada. Ao longo do teste o indivíduo executa corridas repetidas e a velocidade vai aumentando progressivamente, isto é, os quatro primeiros níveis de corrida a velocidade é de 10–13 km/h (0–160m) seguidos por mais 7 níveis a 13,5–14 km/h (160–440m), após isso (em cada nível) é incrementado mais 0,5 km/h, o tempo de recuperação é de 10 segundos. Sendo um teste progressivo, o indivíduo sempre é induzido a chegar até a exaustão total, caso não seja voluntariamente a desistência, o avaliador encerra o teste após dois erros (fora do sinal sonoro) na liga de chegada, o desempenho final (máximo) é indicado pela distância total percorrida (KRUSTRUP et al., 2006; BANGSBO et al., 2008).

Em outro nível (2), o YYIR2 inicia em velocidades mais altas de 13 e 15 km/h, primeiro e segundo estágio (40m cada estágio), respectivamente, em seguida a 16 km/h, progredindo então o incremento de 0,5 km/h até a exaustão. A partir dessa fundamentação, criadores e estudiosos dos protocolos sugerem o YYIR1 para avaliar principalmente a capacidade de resistência (aeróbia), já o nível 2 (YYIR2) a capacidade de resistência em repetir um exercício (corrida) com alta contribuição da via anaeróbia (BANGSBO et al., 2008).

Em adição também para indicação da capacidade de resistência existem mais duas variações de testes, no caso o YYIE1, que inicia em 8 km/h e o YYIE2 iniciando com 11.5 km/h, em ambos o aumento gradativo de velocidade é diminuído de 0.5 km/h para 0.25 km/h, porém o período de recuperação diminui de 10 para 5 segundos, assim como a área de 5 para 2.5 metros, permanecendo a distância percorrida dos demais testes (2x20m) para cada estágio (CASTAGNA et al., 2006; BRADLEY et al., 2014; REILLY et al., 2000).

Uma das maneiras para validação desses testes é a comparação do desempenho do teste com desempenho em jogos oficiais, em estudo de Krstrup e colaboradores (2003) foi encontrada correlação significativa com corrida de alta intensidade (> 15 km/h) durante uma partida de futebol em jogadores de elite. Um estudo de revisão sistemática concluiu pelas correlações achadas entre as diferentes variações de YoYo e parâmetros de desempenho (intensidade, distância percorrida, recuperação) eles podem ser classificados de moderado a forte (SCHMITZ et al., 2018).

No que diz respeito a reprodutibilidade, nas últimas décadas os testes intermitentes vem sendo testados e analisados em diferentes populações, inclusive para a população feminina, onde o YYIE2 teve um coeficiente de variação de 4,5% foi (n = 27) (BRADLEY et al., 2014). Além de ser um potente detector de alterações físicas agudas em jogadoras amadoras de futsal e efetivo determinante do consumo máximo de oxigênio (VO₂ máx) para atletas de futebol (SANTOS, LEMOS, MOTA, 2018; KRUSTRUP et al., 2003).

De acordo com a revisão de Schmitz et al. (2018), das variações do YoYo, o mais usado na literatura para determinação da aptidão física de pessoas acima de 16 anos foi o YYIR1, acompanhado pelo YYIR2, YYIE2 e YYIE2, respectivamente. Além disso, como era esperado o maior desempenho nos testes foi visto para praticantes de esportes intermitentes, entretanto, esses testes também podem auxiliar na avaliação da aptidão em outras características de modalidades, tal como pessoas fisicamente ativas e inativas.

2.2 TERAPIA DE FOTOBIMODULAÇÃO

Fototerapia, laserterapia, fotobiologia, fotobimodulação, terapia com laser de baixa potencia, entre diversas terminologias a irradiação de luz em tecidos biológicos é uma das maneiras mais antigas de terapia em prol da saúde. Apesar de ser uma das terapias mais antigas, apenas da década de 60 foi publicado o primeiro estudo a respeito das implicações da irradiação de luz artificial em seres vivos (roedores), encontrando um significado aumento de pêlos e regeneração muscular. Após alguns anos veio a criação do primeiro laser (MESTER et al., 1967; ROELANDTS, 2005).

Apesar de arcaica, essa terapia ainda é rodeada de dúvidas e até mesmo mistérios ao que diz respeito a seus efeitos e mecanismos o que levaram e levam pesquisadores empenharem-se para tentar elucidar o que de fato ela promove (HAYWORTH et al., 2010; ROELANDTS et al., 2005).

Outra inquietação, porém solucionada em 2014 foi a questão da terminologia, as associações Norte Americana de terapia por luz em conjunto com a associação Mundial de Terapia por Laser, em conferência foi decidida e publicada em 2015 a nomenclatura Terapia de Fotobimodulação (TFBM) admitida por essas instituições (ANDERS, LANZAFAME, ARANY, 2015).

O dispositivo laser é emissor de luz dado por um processo de amplificação óptica através do envio de fótons, a luz laser difere de outras fontes luminosas por possuir alto grau de coerência e sincronicidade espacial e temporal, logo, possui um feixe estreito de saída com uma única frequência (comprimento de onda) ao longo desse feixe. Por isso, a luz laser é monocromática, colimada e coerente (CHUNG et al., 2012).

Um dos principais fatores que acomete os resultados de pesquisa são os parâmetros utilizados, sendo a energia e potência de saída (quantidade de energia emitida por unidade de tempo, e o comprimento de onda) pontos chave no desfecho. A potência de saída seja laser ou LED de baixa intensidade varia entre 1mW a 500mW (HUANG et al., 2009).

Para a luz efetivar alterações fotoquímicas a radiação deve ser absorvida pela estrutura radiada, seguindo este raciocínio (Lei de Grotthus-Draper: primeira lei da fotoquímica), a penetração da luz no tecido humano pode ser restringida pela absorbância da água, melanina, hemoglobina, hemoglobina ligada ao oxigênio. Apesar disso, existe uma janela óptica estreita (~ 600nm a 1400nm) que indica as absorbâncias dessas matérias em diferentes comprimentos de onda (Figura 1), vale ressaltar que essas fontes não possuem mecanismos térmicos, auxiliando em estudos científicos (cegamento de participantes).

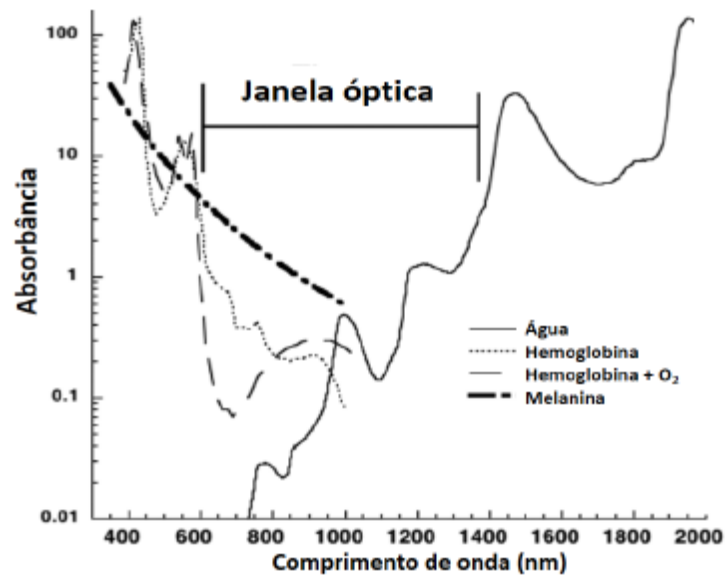


Figura 1: Janela óptica: Absorbância de água, hemoglobina, hemoglobina+O₂ e melanina frente a diferentes comprimentos de onda. Adaptado de Huang et al. (2009).

Além desses parâmetros que inclusive grande parte dos estudos adotam como pré-determinados e tornam-se replicados, ao se tratar da TFBM deve-se atentar também a “janela terapêutica”, pois está diretamente ligada a efetividade da terapia, essa janela engloba parâmetros de energia (dada em joules) (J) e a densidade de energia (dada em joules por centímetro quadrado) (J/cm²) (TUNÉR & JENKINS, 2016). Apesar de muitas vezes deixada de lado cabe citar e entender que dentro do parâmetro energia há dois componentes (poder e tempo), ou seja, Energia (J)= Potência (W) x Tempo (s), tem se observado que essas duas grandezas não são interdependentes, por exemplo, se a energia duplicasse e o tempo caísse pela metade a energia entregue seria a mesma, porém pode-se esperar diferentes efeitos biológicos (CHUNG et al., 2012; HUANG et al., 2009).

Seguindo o mesmo princípio de medicamentos em geral, a TFBM é basicamente configurada pela irradiação e dose (tempo), desse modo, esses parâmetros também se faz essencial para os resultados provenientes da terapia (HUANG et al., 2009).

2.2.1 Mecanismos envolvidos na terapia de fotobiomodulação

Quando a luz entra em contato com o tecido, primeiramente ela tem parte refletida ou dispersa, assim parte dessa luz será transmitida (atravessando toda estrutura tecidual) e também

absorvida, adiante dessas ações a luz ainda sofre o espalhamento é a partir daí que ocorre a distribuição do volume da intensidade (energia entregue) pelo tecido, sendo fundamental para a influencia com o tecido (Figura 2). A reflexão da luz acontece devido ao encontro com algum obstáculo, quando isso ocorre ela (luz) retorna ao meio de propagação. O principal mecanismo pelos efeitos produzidos no tecido é a absorção da maior parte da luz (CHUNG et al., 2012).

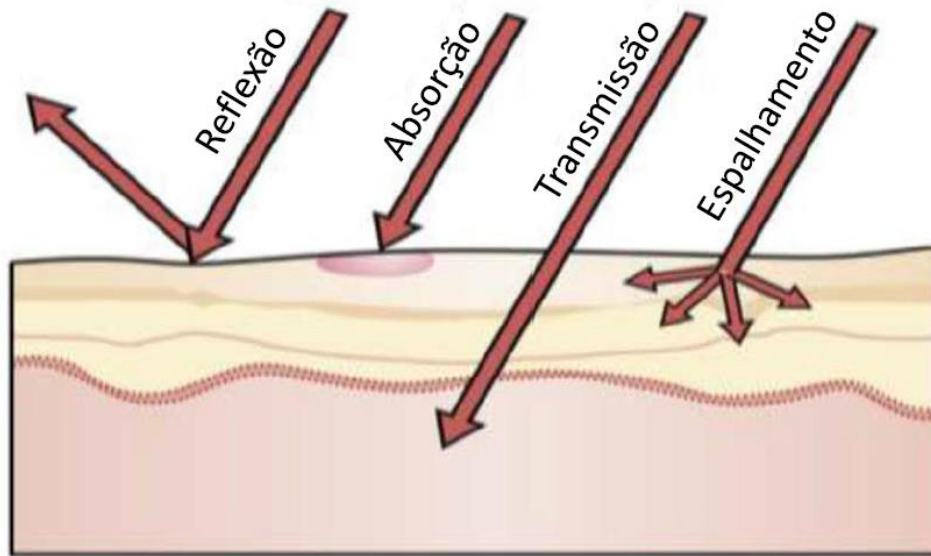


Figura 2: Possíveis integrações da luz com o tecido. Fonte: Adaptado de <https://pocketdentistry.com/>.

Existem leis fotobiológicas que afirmam que a efetividade de uma luz de baixa potência sobre o tecido biológico deve ser absorvida por fotorreceptores moleculares ou cromóforos. Cromóforos são moléculas que existem no organismo podendo ser vistos na hemoglobina, citocromo c oxidase, mioglobina, flavinas, flavoproteínas e porfirinas (SUTHERLAND, 2002; KARU, 1999).

Originalmente os desfechos mais clássicos envolvendo a TFBM eram das efetivas cicatrizações de feridas (agudas e crônicas) pelo aumento da síntese de colágeno, além da melhoria da neovascularização e angiogênese (HOPKINS et al., 2004).

Na literatura ao se pesquisar sobre TFBM é inevitável encontrar possíveis explicações sobre seus mecanismos ligados às mitocôndrias. Relevante para a geração de energia, as mitocôndrias também desenvolvem funções no metabolismo, representadas como “usinas de energia celular” por converter alimentos em energia na forma de adenosina trifosfato (ATP) através do processo chamado fosforilação oxidativa (KARU, 2008). Ainda nas mitocôndrias a

TFBM pode ocasionar mudanças estruturais formando as chamadas “mitocôndrias gigantes”, através de fusão com mitocôndrias vizinhas e menores (MANTEIFEL; KARU, 2005).

A ativação do Cox (complexo IV) pode ocasionar um aumento de ressíntese de ATP com uso de TFBM, o contato da luz com Cox aumenta o fluxo de elétrons na cadeia transportadora de elétrons, expandindo significativamente a quantidade de íons H^+ , portanto, a disponibilidade de energia (ATP) para efetuar atividades celulares (ALBUQUERQUE-PONTES et al., 2015; SILVEIRA et al., 2009).

Além do mecanismo de ressíntese de ATP, relações da TFBM integrando as espécies reativas de oxigênio (ROS), nitrogênio (RNS) e óxido nítrico (NO) com o Cox vindo sendo desvendadas. O NO é produzido em situações estressantes (fisicamente) entrando em “competição” com o oxigênio na interação com o Cox desacertando a atividade desse complexo. A TFBM pode agir por fotoassociação do NO no Cox, revertendo a inibição mitocondrial da respiração pelo alto nível de NO na ligação (WESTERBLAD et al., 2011; LANE, 2006).

O que também pode ser influenciado pela TFBM é o influxo de cálcio (Ca^{2+}) em diferentes ocasiões, sendo elas: a luz impulsionar a alcalinização celular facilitando a abertura de canais de Ca^{2+} dependentes permitindo o influxo, ou o efeito da luz influenciando diretamente na abertura desses canais. Não muito claro qual dos dois e/ou os dois, pesquisas vem afirmando o aumento intracelular de Ca^{2+} posteriormente a utilização da terapia (KARU, 2008; DE FREITAS & HAMBLIN, 2016).

Com isso, é possível entender que a TFBM pode estar envolvida em muitas e diferentes partes do organismo em geral, contudo, ainda há inúmeras divergências na literatura a respeito dos reais mecanismos.

2.2.2 Terapia de fotobiomodulação como recurso ergogênico

Recurso ergogênico compreende-se em substâncias ou fenômenos que produzem trabalho e que se acredita melhorar o desempenho físico (POWERS, HOWLEY, 2000). Apesar de antiga, a TFBM no âmbito esportivo para melhora de desempenho é relativamente nova, tendo sua primeira publicação (ensaio clínico randomizado) com essa finalidade em 2008 chegando a conclusão que esta técnica pode retardar a fadiga muscular (LEAL JUNIOR et al., 2008), a partir de então inúmeros pesquisadores tem buscado investigar se de fato a TFBM pode ser considerada um recurso ergogênico e porquê.

Considerando os possíveis mecanismos já citados a aplicação prévia da TFBM pode vir a otimizar o desempenho tanto em atividades de curta como de longa duração. Ferraresi et al. (2012), indicam três mecanismos que podem estar ligados em efeito ergogênico para atividades de curta duração, são eles: ressíntese de ATP, ressíntese de fosfocreatina, uma vez que atividades intensas dependem da quantidade de ATP hidrolisado pela fosfocreatina, com isso, a atividade mitocondrial aumentada pela TFBM pode provocar a ressíntese de fosfocreatina que acontece nos intervalos e durante o exercício de curta duração e alta intensidade. Por fim, a TFBM pode auxiliar no aumento da oxidação de lactato devido ao aumento da atividade mitocondrial.

Grande parte dos estudos analisa os efeitos da TFBM em apenas um grupo muscular. Leal Junior et al. (2010), aplicaram a TFBM no bíceps braquial de atletas de voleibol e encontraram aumento no número de repetições (~ 5 repetições) e tempo de exaustão em protocolo de fadiga de flexão e extenso de cotovelo, adiante resultados positivos em menores concentrações de lactato sanguíneo e creatina kinase (CK).

Similar ao estudo citado anteriormente, porém a aplicação (TFBM) e avaliação nos membros inferiores (quadríceps femoral), estudo de Baroni et al. (2010), observou menor redução do torque muscular seguido de protocolo de fadiga (30 repetições de flexão e extensão de joelho).

Ainda em exercícios de curta duração, porém envolvendo diferentes grupamentos musculares, dois estudos de 2009 sugeriram que a aplicação da TFBM no teste de *Wingate* (cicloergômetro) aumenta a remoção de lactato e reduz o dano muscular (LEAL JUNIOR et al., 2009; LEAL JUNIOR et al., 2009).

Estudos envolvendo exercícios de longa duração (aeróbio) também vindo sendo investigado com a aplicação da TFBM. Aplicada previamente em diferentes partes dos membros inferiores (quadríceps, isquiotibiais e gastrocnêmico) em corredores submetidos a teste incremental máximo de corrida, com isso, observaram aumento no desempenho (diminuição de $\cong 14$ segundos em corrida progressiva de 1 km.h⁻¹ a cada minuto até atingir 16 km.h⁻¹), no VO₂máx, além de adiar o desenvolvimento da fadiga e diminuição do estresse oxidativo (DE MARCHI et al., 2012).

Também em teste incremental máximo, mas em cicloergômetro, Da Silva Alves et al. (2014), avaliaram os efeitos da TFBM em homens e mulheres, porém sem comparação entre os sexos e encontraram valores consideravelmente maiores de VO₂máx e impactos positivos no desempenho do teste com aplicação da terapia confrontado com uso de placebo.

Adiante Miranda et al. (2016), realizaram experimento com dois grupos, experimental (GE) e controle (CON) (grupo experimental recebia a TFBM antes do exercício), ambos os grupos foram submetidos a teste incremental máximo (corrida-esteira), o GE obteve resultados positivos ($1,96 \pm 0,30$ km) comparado ao CON ($1,84 \pm 0,40$ km) no desempenho (distância percorrida), tempo de exaustão (retardado) e ventilação pulmonar.

Outro estudo, dessa vez avaliando diferentes doses por ponto de aplicação analisaram a TFBM em ciclistas (atletas), as doses eram de 15, 30 e 45J, o estudo foi de caráter *cross over* onde os atletas executavam teste de exaustão, os autores observaram que todas as doses aumentaram o tempo de exaustão, bem como a cinética do $VO_{2m\acute{a}x}$, todavia, a dose de 15J foi a única capaz de otimizar a ativação muscular (ANTONALLI et al., 2014). Outro estudo comparando doses maiores que do estudo anterior (41,7J, 83,4J e 166,8J) foram aplicadas em seis pontos do quadríceps e foi conclusivo que doses de 83,4J e 166,8J foram as mais eficazes para potencializar a performance de teste de resistência muscular (HEMMINGS, KENDALL, DOBSON, 2017).

Uma pesquisa recém-publicada avaliou a TFBM na fadiga dos músculos isquiotibiais em jogadores de futebol, era aplicada a terapia e logo em seguida os futebolistas eram submetidos a uma partida simulada de futebol, anteriormente e ao termino do jogo foram executados os testes de dinamometria isocinética e salto de contramovimento, respectivamente, os resultados comprovaram que a TFBM como pré-condicionamento atenua a fadiga muscular de isquiotibiais e ainda sugerem a técnica como preventiva a lesões nessa musculatura (DORNELLES et al., 2019).

No entanto, estudos aqui citados mostram a TFBM como técnica promissora com efeito ergogênico relevante em exercícios de diferentes características, porém há uma lacuna acerca de exercícios intermitentes, bem como testes de campo. Além de dúvidas arcaicas, porém sem respostas sobre propriedades de aplicação, por exemplo, doses de energia.

3.0 MÉTODOS

3.1 AMOSTRA E CUIDADOS ÉTICOS

Participaram do estudo treze (n=13) atletas amadoras de futsal (Tabela 1). Para a participação efetiva era necessário se enquadrar nos seguintes critérios de inclusão: idade de 18 a 30 anos, ausência de doenças crônicas, absterem-se do uso de suplementos e/ou medicamentos com potenciais efeitos no desempenho físico, estar praticando futsal por pelo menos 1 ano continuamente, não possuir lesões agudas e/ou recentes. O não comparecimento nas sessões experimentais de no máximo 7 dias, como a obtenção de alguma lesão no período das coletas excluía a participante do estudo.

Foi realizado cálculo amostral a priori utilizando o programa G*Power 3.1 (Franz Faul, Düsseldorf, Alemanha) com base em estudos da TFBM em esportistas (LEAL JÚNIOR et al., 2010; PINTO et al., 2016), para efeito tamanho: 0,8; poder do teste: 0,8, consideramos o valor β de 20% e α 5%, então o resultado encontrado foi de n=10. Para contrabalancear possíveis perdas durante o estudo, uma amostra de 13 participantes foi recrutada.

O procedimento foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa de seres humanos da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (CEP/UFTM) pelo parecer de n° 993.636/2015 e conduzido de acordo com a declaração de Helsinki. Após o acesso ao termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO A) e sabendo dos procedimentos das coletas as participantes deram o consentimento por escrito.

Tabela 1: Características da amostra.

Variáveis	Média \pm Desvio padrão
Idade (anos)	24,1 \pm 3,73
Tempo de prática (anos)	13,0 \pm 4,39
Massa (Kg)	63,6 \pm 8,09
Altura (cm)	1,61 \pm 0,04
IMC (Kg/cm ²)	24,3 \pm 3,25
% Gordura	27,9 \pm 4,44

Nota: Kg= quilogramas; cm= centímetros; %= porcentagem.

3.2 DESENHO EXPERIMENTAL

O presente estudo caracteriza-se como transversal, experimental, randomizado, equilibrado, cruzado, duplo-cego e placebo controlado. Antes do início efetivo dos procedimentos, foi realizada uma triagem com as participantes interessadas, as que se enquadravam nos critérios mencionados anteriormente realizavam duas sessões de familiarização (em dias diferentes) com o objetivo de aprender e compreender as escalas e testes do estudo, então, as medidas antropométricas foram coletadas.

Após os procedimentos de familiarização, as participantes compareceram ao laboratório duas vezes em dias distintos (7 dias de intervalo) adotando o designer crossover e randomizado (TFBM ou SHAM). Ao chegar, a jogadora relatou seu estado de recuperação percebido (PSREC), escala visual analógica (EVA) da dor muscular. Foi coletada uma amostra de sangue (25 μ L) do dedo indicador para medição da concentração de lactato, em seguida, a participante manteve-se em repouso por cinco minutos.

Posteriormente, iniciou-se a aplicação da TFBM ou SHAM (aparelho desligado). Em ambas condições, as jogadoras estavam cegas por faixas e óculos sobrepostos, além de não ouvir nenhum som do dispositivo de TFBM. No final da aplicação da TFBM ou SHAM, foi realizada uma bateria de testes (teste de salto vertical contramovimento (CMJ), teste Illinois de agilidade e YoYo intermitente de recuperação nível (YYIR1), a frequência cardíaca (FC) foi monitorada constantemente. Os detalhes dos testes estão descritos abaixo. Cada participante foi avaliada de maneira individual no intuito de evitar uma possível influência externa e foram consistentes em relação ao horário, ou seja, o mesmo horário em ambas sessões.

Os testes foram monitorados sempre pela mesma equipe de pesquisadores previamente treinados e no mesmo ambiente. As participantes foram informadas de que tanto a TFBM quanto o SHAM poderiam otimizar o desempenho e nenhum deles causariam danos. O testador estava cego sobre a condição de que as jogadoras haviam sido submetidas (TFBM ou SHAM), assim como as jogadoras não tinham acesso aos dados de desempenho (por exemplo, distância percorrida, altura dos saltos), bem como outros indicadores, lactato sanguíneo e valores de frequência cardíaca (MAROCOLO et al., 2016). As participantes foram rigorosamente instruídas a não ingerirem bebidas com cafeína, álcool ou alguma outra substância que pudesse interferir no desempenho 48 horas de cada sessão de teste e evitar exercícios extenuantes nesse período (GARCIA, DA MOTA, MAROCOLO, 2016). O desenho experimental está esquematizado na figura 3.

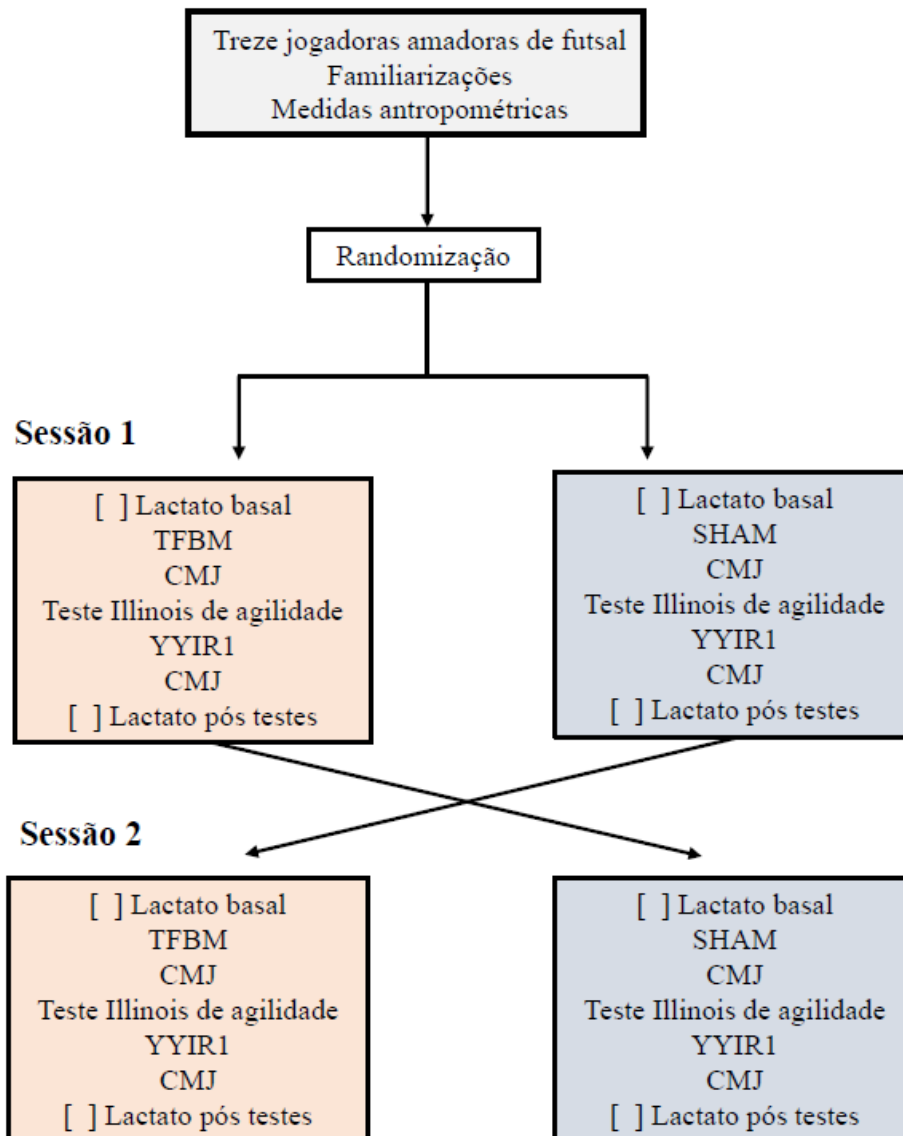


Figura 3. Desenho experimental. [] = Concentração; TFBM= Terapia de fotobiomodulação; CMJ= Salto vertical contramovimento; YYIR1= YoYo intermitente de recuperação nível 1.

3.2.2 Medidas antropométricas

A fim de caracterizar a amostra realizamos as medidas da massa corporal e estatura, para isso foi utilizada a balança mecânica antropométrica da marca Welmy® e a medida de percentual de gordura foi dada pela bioimpedância da marca byodinamics 310®. As medidas foram realizadas previamente aos procedimentos, com as jogadoras em repouso.

3.2.3 Percepção subjetiva de recuperação e Escala analógica visual de dor

Para garantir a condição de recuperação semelhante antes de ambas sessões, ao chegar cada jogadora indicava uma pontuação em uma escala de recuperação que consiste em numeração de 0 a 10 (unidades arbitrárias - UA), onde 0 corresponde a "muito mal recuperado/extremamente cansado" e 10 "muito bem recuperado/com grande energia" (LAURENT et al., 2011). Além disso, após a percepção de recuperação a jogadora deveria apontar o nível de dor muscular generalizada a partir de uma escala visual analógica (EVA), que compreende uma régua de 0 a 10, na qual 0 é ausência de dor e 10 dor máxima (BIJUR, SILVER, GALLAGHER, 2001).

3.2.4 Concentração de lactato, frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço

Amostras de sangue (25µL) das jogadoras foram coletadas da ponta do dedo indicador em dois momentos: antes da TFBM ou SHAM (em repouso) e 5 minutos após o YYIR1, com uso de lanceta para perfuração e para a medida das concentrações utilizamos o analisador portátil devidamente calibrado e validado (FELL, RAYFIELD, GULBIN, GAFFNEY, 1998) (Sistema Accutrend® Plus, ROCHE, Basileia Suíça). A FC foi monitorada durante (mínima, média e pico) e após os testes (recuperação aguda= 3 minutos), utilizando o monitor cardíaco Polar Team System®, este que é composto por cintos com transmissores acoplados no tórax da participante e gravando continuamente (batimento a batimento). Depois de todos os testes, bem como 20 minutos após a sessão, cada jogadora indicou uma pontuação para sua percepção de esforço através da escala CR-10 Borg. Essa escala varia de 0 a 10, onde 0 é "muito fácil" e 10 é "muito, muito difícil (máximo)" (BORG, KAIJSER, 2006).

3.2.5 Terapia de fotobiomodulação e SHAM

Após cinco minutos de repouso deu-se início a aplicação da TFBM. O equipamento utilizado foi previamente calibrado e aferido por técnicos experientes da Universidade de São Paulo (Instituto de Física de São Carlos- laboratório de Biofotônica) (ANEXO B).

O processo de aplicação foi realizado de modo pontual em contato total do cluster com o local irradiado usando um dispositivo de LED (THOR® Photomedicine, Londres, UK). Os parâmetros de aplicação são mostrados na Tabela 1. A duração total foi de 15 minutos, sendo 1 minuto e 30 segundos em cinco pontos de cada membro inferior, sendo dois na região do músculo

quadríceps, dois nos músculos isquiotibiais e um no músculo sóleo (Figura 4) (MALTA et al., 2016). O procedimento "SHAM" foi exatamente como a aplicação real, porém com o dispositivo desligado. Durante a aplicação, as participantes se mantiveram deitadas em uma maca e para o cegamento dos procedimentos, foi utilizado um protetor auditivo (abafador sonoro) evitando a escuta do som proveniente do equipamento, bem como um protetor ocular e óculos (específico do equipamento) para evitar a visualização de feixes de luz provenientes o equipamento.

Tabela 2. Parâmetros de aplicação da TFBM.

Parâmetro	Especificações
Número de diodos	69 (34 diodos de 660nm e 35 diodos de 850nm)
Comprimento de onda	Misto (660 e 850nm)
Frequência	Continua
Potência de saída	53 mW/cm ²
Área do cluster	44,2 cm ²
Energia irradiada	200 J por ponto
Densidade de energia	4,5 J/cm ²
Tempo de aplicação	90 segundos por ponto
Número de pontos (por membro)	5 pontos



Figura 4. Pontos de aplicação. A= Porção anterior, B= Porção posterior. Adaptado de Malta et al. (2016).

3.2.6 Salto vertical contramovimento e Teste Illinois de agilidade

Testes de saltos são comumente realizados para avaliar potência de membros inferiores em diferentes modalidades esportivas, além de ser um potencial detector de fadiga, pois quando a fadiga é estabelecida ela prejudica fatores musculares essenciais para o sucesso dos saltos, diminuindo a altura alcançada (GATHERCOLE, STELLINGWERFF, SPORER, 2015; PADULO et al., 2013).

O CMJ foi realizado em dois momentos (após a aplicação do TFBM ou SHAM) para avaliar se a TFBM seria capaz de reduzir a fadiga, foram três tentativas com 10 segundos de intervalo entre as repetições, a maior altura do salto foi considerada para análise. A avaliação do salto foi realizada na plataforma de força (Bertec Acquire®), a jogadora iniciou o teste com flexão dos joelhos (~ 45°) e as mãos na cintura. Após o comando de voz o salto foi executado, antes de todas execuções era comunicado que o salto deveria ser o mais alto possível e os pés deveriam tocar a plataforma com os joelhos estendidos. O software usado para interpretar esses dados foi o OriginPro 8 versão 2018 para Windows (KOMI, BOSCO, 1978).

A agilidade é uma capacidade física relevante para jogadores de futsal (NEGRA et al., 2017). Na partida de futsal são necessárias constantes mudanças de direção, e ainda o tempo médio do teste Illinois de agilidade é bastante semelhante ao tempo de sprints executados em jogos reais dessa modalidade (DOGRAMACI, WATSFORD, MURPHY, 2011).

O teste de agilidade de Illinois foi realizado após o CMJ, em uma área com quatro cones (10 metros de comprimento por 5 metros de largura e 3,3 metros entre os cones centrais) (Figura 5) (HACHANA et al., 2013). As participantes foram instruídas a completar o percurso sempre em deslocamento frontal e com a maior velocidade possível, foram três tentativas com 1 minuto e 30 segundos de recuperação passiva entre as execuções. O tempo total, valor médio e melhor tentativa foram considerados para análise. Para o registro da velocidade utilizamos duas fotocélulas (CEFISE®, Nova Odessa, São Paulo - Brasil).

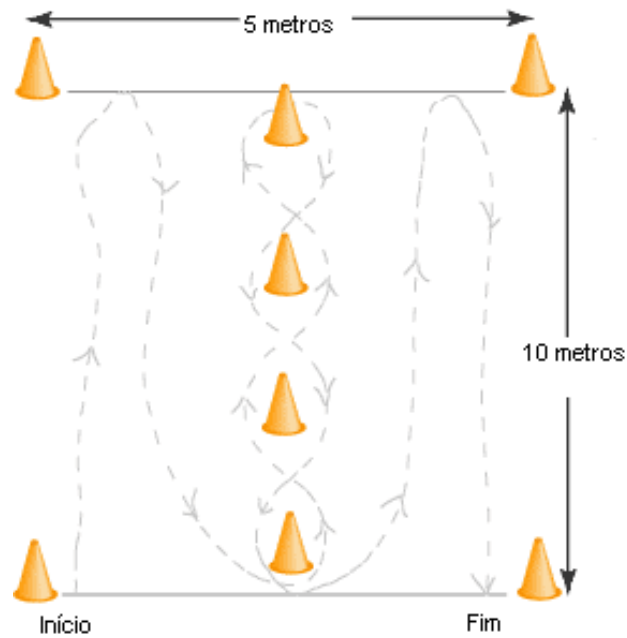


Figura 5: Teste Illinois de agilidade (MOHAMMADTAGHI et al., 2010).

3.2.7 YoYo intermitente de recuperação nível 1 (YYIR1)

O YYIR1 mede a capacidade de realizar exercícios intensos e com curto período de recuperação, características essas presentes no futsal, além de ser altamente reprodutível, de baixo custo, eficaz e confiável para diferentes populações, é capaz ainda de fornecer dados fisiológicos como o consumo máximo de oxigênio (KRUSTRUP et al., 2003; NASER, ALI, MACADAM, 2017). Após cinco minutos do teste de agilidade, o YYIR1 foi iniciado. O teste consiste em corridas repetidas de 2 x 20 m em estágios de velocidade progressivamente crescentes (velocidade inicial de 8 km / h), guiadas por áudio específico (10 segundos para recuperação em uma área de 5 metros atrás da linha de chegada (Figura 6). O encerramento do teste ocorreu quando a jogadora não conseguiu alcançar o ritmo imposto por duas vezes e/ou desistência (BANGSBO, IAIA, KRUSTRUP, 2008). O áudio estava em um idioma desconhecido (mantendo-as cegas sobre o desempenho). Estímulos verbais durante a execução foram padronizados e realizados por único testador.

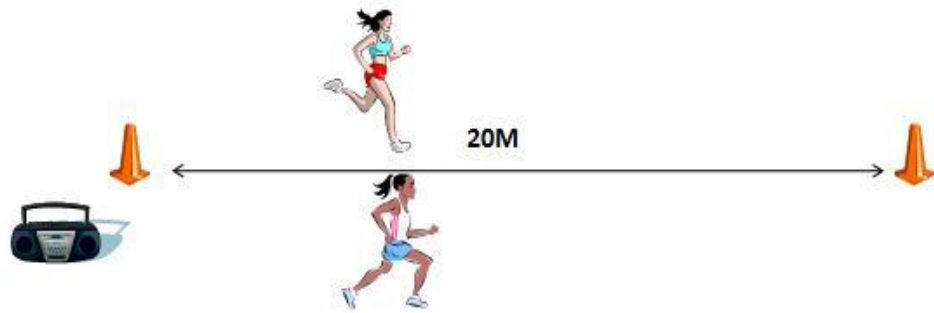


Figura 6: YoYo intermitente de recuperação nível 1. Fonte (Autores, 2018).

3.2.8 Análise estatística

O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a distribuição normal dos dados. Para a análise entre protocolos (SHAM vs TFBM) usamos o teste T pareado (dados paramétricos). Para o CMJ, aplicamos ANOVA unidirecional (tempo e tratamento). O nível de significância foi estabelecido em 0,05. O software utilizado para análise dos dados foi o GraphPad® (Prism 6.0, San Diego, CA, EUA).

4. RESULTADOS

Os escores de recuperação percebidos não diferiram ($p = 0,37$) entre SHAM ($8,46 \pm 0,89$ UA) e TFBM ($8,48 \pm 0,96$). Os escores de dor muscular também não diferiram ($p = 0,33$) entre SHAM ($1,2 \pm 0,84$ UA) e PBMT ($0,84 \pm 0,68$). Os níveis basais de lactato sanguíneo foram semelhantes ($p = 0,30$) entre as duas sessões: $2,05 \pm 0,55$ (SHAM) e $1,75 \pm 0,75$ (TFBM).

A altura do CMJ após receber o tratamento (SHAM e TFBM), assim como após os testes, não se diferiu: pré = $18,5 \pm 1,7$ cm, pós = $18,9 \pm 1,9$ cm ($p = 0,17$) vs pré = $19,3 \pm 2,8$ cm, pós = $19,3 \pm 3,0$ cm (ANOVA, interação e efeitos principais: $F_{3, 48} = 0,30893$; $p = 0,818$), respectivamente. A Tabela 3 mostra o desempenho do teste de agilidade, não apresentando diferenças significativas ($p > 0,05$).

Tabela 3: Desempenho do teste Illinois de agilidade.

	SHAM	TFBM	Valor de p
Tempo total (s)	$58,98 \pm 2,3$	$58,97 \pm 3,1$	0,99
Média do tempo (s)	$19,66 \pm 0,7$	$19,66 \pm 1,0$	0,99
Melhor tempo (s)	$19,53 \pm 0,9$	$19,39 \pm 1,0$	0,68

Nota: TFBM= terapia de fotobiomodulação; (s)= segundos; Tempo total= somatória das três tentativas; média do tempo= média das três tentativas; Melhor tempo= melhor tempo entre as três tentativas. Dados expressos em média \pm desvio padrão.

A Figura 7 representa o desempenho (distância percorrida) no YYIR1, observa-se que não diferiu ($p = 0,93$) entre a TFBM ($353,8 \pm 97,7$ m) vs SHAM ($350,8 \pm 88,1$ m).

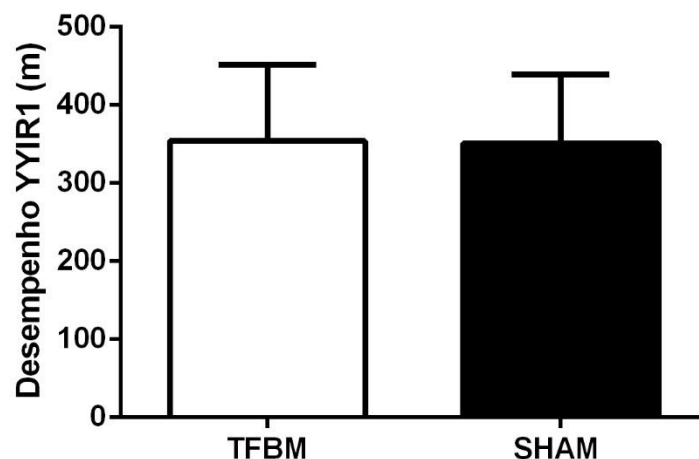


Figura 7: Desempenho do teste YYIR1 (TFBM e SHAM).

Verificamos a mudança individual nas distâncias percorridas por cada jogadora no YYIR1. Notamos que apenas cinco jogadoras (~ 38%) obtiveram melhor desempenho após a TFBM, enquanto três (~ 23%) percorreram distâncias iguais em ambas as condições e as outros cinco (~ 38%) percorreram distâncias menores sob a condição da TFBM.

A Tabela 4 indica as variáveis de intensidade durante o teste YYIR1, bem como a sessão toda e início da recuperação, não apresentando diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as condições.

Tabela 4: Variáveis de intensidade do teste YYIR1.

	SHAM	TFBM	Valor de p
FC min (bpm)	132,2 ± 17,0	131,4 ± 24,1	0,92
FC média (bpm)	169,4 ± 12,5	171,1 ± 16,0	0,76
FC pico (bpm)	184,8 ± 10,0	1190,3 ± 8,1	0,10
PSE (UA)	9,38 ± 0,6	9,46 ± 0,7	0,79

Nota: TFBM= terapia de fotobiomodulação; FC= Frequência cardíaca; min= minuto; bpm= batimentos por minuto; PSE= percepção subjetiva de esforço; UA= unidades arbitrárias; Dados expressos em média ± desvio padrão.

A tabela 5 apresenta a variável de intensidade como lactato final (coletado 5min do final do YYIR1), bem como o início da recuperação da frequência cardíaca e a PSE da sessão toda indicada 20min do término da sessão, pode-se observar que as variáveis não se diferiram estatisticamente ($p < 0,05$).

Tabela 5: Variáveis de intensidade pós testes e início da recuperação aguda.

	SHAM	TFBM	Valor de p
Lactato (mmol/L)	13,5 ± 3,86	11,1 ± 2,98	0,10
FC rec. 1min	112,8 ± 13,1	119,2 ± 14,4	0,30
FC rec. 2min	111,6 ± 11,2	117,1 ± 12,1	0,28
FC rec. 3min	110,6 ± 11,1	112,6 ± 13,1	0,69
PSE sessão (UA)	7,69 ± 0,94	7,53 ± 0,96	0,71

Nota: TFBM= terapia de fotobiomodulação; mmol/L= milimol por litro de sangue; FC rec.= Frequência cardíaca de recuperação; min= minutos; PSE= percepção subjetiva de esforço; UA= unidades arbitrárias; Dados expressos em média ± desvio padrão.

5. DISCUSSÃO

O objetivo principal do estudo foi identificar se a TFBM tem efeito ergogênico sobre o desempenho em uma bateria de testes físicos específicos e variáveis fisiológicas em jogadoras amadoras de futsal. Até onde sabemos, este é o primeiro estudo avaliando a TFBM em evento de corrida intermitente de alta intensidade em jogadoras do sexo feminino. O principal achado foi que o uso prévio de TFBM de maneira aguda não influenciou o desempenho intermitente das jogadoras.

Os escores de recuperação e dor muscular foram semelhantes entre SHAM e TFBM, o estado de recuperação foi em média 8,5 (UA) (referência = 10), correspondendo a "bem recuperado" e 1,0 (referência = 10) para dor, equivalente a "ausência de dor / dor mínima", tornando assim nossas comparações confiáveis, já que as jogadoras começaram com estados de recuperação muito semelhantes em ambos os dias.

O CMJ é uma ferramenta para monitoramento da fadiga neuromuscular, a fadiga é conceituada como redução induzida pelo exercício na força muscular máxima (GANDEVIA, 2001), o CMJ também é usado para avaliar a recuperação física (HALSON, 2014). No presente estudo a TFBM não teve influência nos dados do CMJ (nem positivos nem negativos), divergindo do estudo de (DORNELLES et al., 2019), onde a aplicação prévia da TFBM promoveu uma chance de 53% de efeitos benéficos no CMJ, essa medida foi dada pela interferência com base na magnitude (em comparação com placebo) em jogadores de futebol após uma partida simulada. A divergência entre nossos resultados e esse estudo pode ser explicada pelos exercícios expostos (jogo vs testes). Provavelmente, uma fadiga induzida pelo futebol e danos musculares são muito maiores do que a bateria de testes que apresentamos aqui.

O aumento da atividade mitocondrial é um dos mecanismos mais discutidos em relação a TFBM, podendo levar a uma maior ressintese da fosfocreatina que ocorre em exercícios intensos e de curta duração (FERRARESI, HAMBLIN, PARIZOTTO, 2012). Se a ressintese da fosfocreatina não for eficaz, a atividade subsequente tende a ser negativamente comprometida. No presente estudo, a TFBM não mostrou nenhum efeito no teste Illinois de agilidade, bem como as variáveis de intensidade analisadas (respostas da FC e PSE). Não encontramos nenhum estudo similar testando TFBM em testes de agilidade especificamente. Um estudo mostrou que a aplicação prévia de TFBM levou à diminuição de $\cong 14$ segundos na corrida progressiva (1 km.h-1 a cada minuto até 16 km.h-1) (DE MARCHI et al., 2012), nossos dados não atendem a esses achados possivelmente devido ao fato de que o teste Illinois é

contínuo e não progressivo, além da diferença na amostra, no caso do estudo citado, homens não treinados (facilitam a melhora por qualquer intervenção), e no atual jogadoras treinadas.

Nenhuma jogadora relatou estar no período menstrual durante o experimento, sabe-se que a fase do ciclo menstrual não afeta o desempenho em testes como o YYIR1 (TOUNSI, JAAFAR, ALOUI, SOUSSI, 2018).

No presente estudo, a TFBM não influenciou as variáveis de desempenho e intensidade do YYIR1 (ou seja, respostas da FC, lactato e PSE). Até onde sabemos não há estudo de YYIR1 com futsal feminino e poucos com futebol, futebolistas do sexo feminino profissionais percorrem ~ 972 metros neste teste, grande diferença com nossa amostra, essa diferença provavelmente se deve ao status de treinamento e ao fato de que o futebol exige níveis mais elevados de metabolismo aeróbico, otimizando a *performance* no teste (ROWAT, FENNER, UNNITHAN, 2017). No entanto, os dados mostraram que a intensidade interna durante o YYIR1 foi extremamente alta (PSE = 9,5 UA). O PSE é uma ferramenta usada para quantificar a intensidade individual (BORG, KAIJSER, 2006).

Não há estudo que tenha efetivamente analisado o efeito da TFBM nas respostas da frequência cardíaca, mas parece que sua aplicação pode induzir a eficiência cardiovascular aumentando a produção muscular de oxigênio (O₂) (extração e uso) em intensidades submáximas, o que diminui ou mantém os valores da FC (DELLAGRANA et al., 2018), no nosso caso, essas respostas não foram encontradas.

Em relação aos níveis de lactato após o YYIR1, há um estudo mostrando que nesse teste entre 280 e 440 metros (distância média percorrida no estudo atual) há uma grande dependência do metabolismo anaeróbio, explicando o aumento exponencial na produção de lactato (DOBBIN, MOSS, HIGHTON, TWIST, 2018). Além disso, os níveis de lactato sanguíneo acima de 8 mmol. L⁻¹ são um dos indicadores de esforço máximo (EDVARSDEN, HEM, ANDERSSSEN, 2014), sustentando o fato do YYIR1 ser de alta intensidade para nossa amostra.

Os efeitos da TFBM nas concentrações de lactato pós-exercício ainda são bastante controversos. Um possível benefício seria devido ao aumento da atividade mitocondrial, resultando em um aumento na oxidação do lactato (FERRARESI et al., 2012). Estudos mostram que a aplicação da TFBM antes de exercícios de alta intensidade aumenta a remoção do lactato (LEAL JÚNIOR, LOPES-MARTINS, BARONI et al., 2009; LEAL JÚNIOR, LOPES-MARTINS, VANIN et al., 2009). No entanto, outros estudos corroboram com nossos achados, mostrando nenhum efeito sobre os níveis de lactato no sangue (HEMMINGS, KENDALL, DOBSON, 2017; MALTA EDE et al., 2016).

Finalmente, o fato da PSE ter sido em média 7,5 (UA) em ambas as condições (TFBM e SHAM), pode-se afirmar que o conjunto de testes foi "Muito forte / intenso" para as jogadoras.

O maior gerador de discussões, incertezas e controvérsias nos estudos de TFBM é sem dúvidas a falta de consenso sobre doses exatas de aplicação e tipos de exercícios, a dose de energia do presente estudo foi de 4,5J/cm², que para nosso aparelho correspondeu em 200J de energia, uma meta-análise, encontrou e concluiu que para otimização do desempenho as doses mais eficazes variaram de 60 a 300J para grandes grupamentos musculares (VANIN et al., 2018).

Como direções futuras novos parâmetros (diferentes doses) devem ser testados, bem como avaliar em jogos reais. É necessário enfatizar algumas limitações do presente estudo como o controle da recuperação, principalmente as horas de sono entre as duas sessões experimentais.

6. CONCLUSÃO

A aplicação aguda previamente de TFBM com os parâmetros deste estudo não influencia o desempenho em testes específicos de alta intensidade e intermitentes, nem variáveis fisiológicas (frequência cardíaca e respostas do lactato sanguíneo), bem como a percepção de intensidade interna (PSE) em jogadoras amadoras de futsal.

REFERENCIAS

- ALBUQUERQUE-PONTES, G. M., et al. Effect of pre-irradiation with different doses, wavelengths, and application intervals of low-level laser therapy on cytochrome c oxidase activity in intact skeletal muscle of rats. **Lasers in medical science**, v.30, n.1, p.59-66, 2015.
- ALLSOP, P., et al. Delayed recovery of muscle pH after short duration, high intensity exercise in malignant hyperthermia susceptible subjects. **BJA: British Journal of Anaesthesia**, v.66, n.5, p.541-545, 1991.
- ANDERS, J. J.; LANZAFAME, R. J.; ARANY, P. R. Low-level light/laser therapy versus photobiomodulation therapy. **Photomed Laser Surg.** v. 33, n. 4, p. 183-4, 2015.
- 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 in Medical Science**, v.29, p.1967-1976, 2014.
- ARAUJO, T.L.; ANDRADE, D.R.; FIGUEIRA JUNIOR, A.J.; FERREIRA M. Demanda fisiológica durante o jogo de futebol de salão, através da distância percorrida. **Revista da Associação dos Professores de Educação Física**, v.11, n.19, p.12-20, 1996.
- BAKEEVA, L. E., RODICHEV, E. B., KARU, T. I. Formation of gigantic mitochondria in human blood lymphocytes under the effect of an He-Ne laser. **Molekuliarnaia biologia**, v.27, n.3, p.608-617, 1993.
- BANGSBO, J., IAIA, F. M., KRUSTRUP, P. The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. **Sports Medicine**. v.38, n.1, p.37-51, 2008.
- BARBERO-ÁLVAREZ, J. C.; D'OTTAVIO, S.; GRANDA, V. J.; CASTAGNA, C. Aerobic fitness in futsal players of different. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.23, n.7, p.2163-2166, 2009.
- BARONI, B. M., et al. Effect of light emitting diodes therapy (LEDT) on knee extensor muscle fatigue. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.28, n.5, p.653-658, 2010.
- BIJUR, P. E., SILVER, W., GALLAGHER, E. J. Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. **Academic emergency medicine**, v.8, n.12, p.1153-1157, 2001.
- BISHOP, D. Warm up II. **Sports medicine**, v.33, n.7, p.483-498, 2003.
- BORG, E., KAIJSER, L. A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v.16, n.1, p.57-69, 2006.
- BOSCO, C., RIU, J. M. P. La valoración de la fuerza con el test de Bosco. **Barcelona: Paidotribo**, v. 1, n.3, p. 35-138, 1994.

BRADLEY, P. S., et al. The Application of the Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2 Test to Elite Female Soccer Populations. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**. v.24, n.1, p.43-54, 2014.

CASTAGNA, C., et al. Cardiorespiratory responses to Yo-yo Intermittent Endurance Test in nonelite youth soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**. v.20, n.2, p.326-330, 2006.

CURETON T. General motor fitness characteristics and strength of champions. **In: Physical fitness of champion athletes. Urbana (IL): University of Illinois Press**. v.1, n.1, p. 67–69, 1951.

CHUNG, H., et al. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. **Annals of biomedical engineering**. v. 40, n.2, p.516-533, 2012.

DA SILVA ALVES, M. A. et al. Acute effects of low-level laser therapy on physiologic and electromyographic responses to the cardiopulmonary exercise testing in healthy untrained adults. **Lasers in Medical Science**, v.29, p.1945-1951, 2014.

DELLAGRANA, R. A., et al. Photobiomodulation Therapy on Physiological and Performance Parameters During Running Tests: Dose-Response Effects. **Journal of strength and conditioning research**, v.40, n.2, p.445-454, 2018.

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 in Medical Science**, v.27, p.231-236, 2012.

DOBBIN, N., MOSS, S. L., HIGHTON, J., TWIST, C. An examination of a modified Yo-Yo test to measure intermittent running performance in rugby players. **European journal of sport science**, v.4, n.11, p.1-9, 2018.

DOGRAMACI, S. N., WATSFORD, M. L., MURPHY, A. J. Time-motion analysis of international and national level futsal. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.25, n.3, p.646-651, 2011.

DORNELLES, M. P., et al. Photobiomodulation therapy as a tool to prevent hamstring strain injuries by reducing soccer-induced fatigue on hamstring muscles. **Lasers in medical science**, v.37, 2019.

EDGREN, H. D. An experiment in the testing of ability and progress in basketball. **Research Quarterly. American Physical Education Association**, v. 3, n.1, p.159-171, 1932.

EDVARDBSEN, E., HEM, E., ANDERSSSEN, S. A. End criteria for reaching maximal oxygen uptake must be strict and adjusted to sex and age: a cross-sectional study. **PloS one**, v.9, n.1, p.852-876, 2014.

FAULKNER, S. H. et al. Reducing muscle temperature drop after warm-up improves sprint cycling performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.45, n.2, p.359-365, 2012.

- FELL, J. W., RAYFIELD, J. M., GULBIN, J. P., GAFFNEY, P. J. Evaluation of the Accusport® lactate analyser. **International Journal of Sports Medicine**, v.19, n.3, 199-204, 1998.
- FERRARESI, C., et al. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. **Lasers in medical science**, v.26, n.3, p.349-358, 2011.
- FERRARESI, C.; HAMBLIN, M. R.; PARIZOTTO, N. A. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. **Photonics and Laser in Medicine**, v.1, n.4, p.267-286, 2012.
- GABBETT, T. J. Influence of physiological characteristics on selection in a semi-professional first grade rugby league team: a case study. **Journal of Sports Sciences**, v.20, n.5, p.399-405, 2002.
- GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological reviews**, v.81, n.4, p.1725-1789, 2001.
- GARCIA, C. A., DA MOTA, G. R., MAROCOLO, M. Cold water immersion is acutely detrimental but increases performance post-12 h in rugby players. *International journal of sports medicine*, v.37 n.8, p.619-624, 2016.
- GATHERCOLE, R. J., STELLINGWERFF, T., SPORER, B. C. Effect of acute fatigue and training adaptation on countermovement jump performance in elite snowboard cross athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.29, n.1, p.37-46, 2015.
- GOMES, A. C.; SOUZA, J. **Futebol – Treinamento desportivo de alto rendimento**. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- GOROSTIAGA, E. M., et al. Differences in physical fitness among indoor and outdoor elite male soccer players. **European Journal of Applied Physiology**. v.106, n.4, p. 483-491, 2009.
- GRAY, S. R., et al. Skeletal muscle ATP turnover and muscle fiber conduction velocity are elevated at higher muscle temperatures during maximal power output development in humans. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v.290, n.2, p.376-382, 2006.
- HACHANA, Y., et al. Test-retest reliability, criterion-related validity, and minimal detectable change of the Illinois agility test in male team sport athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.27, n.10, p.2752-2759, 2013.
- HAJOGLOU, A. Effect of warm-up on cycle time trial performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.37, n.9, p.1608-1614, 2005.
- HALSON, S. L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. **Sports medicine**, n.44, v.2, p.139-147, 2014.
- HAYWORTH, C. R., et al. In Vivo Low-level Light Therapy Increases Cytochrome Oxidase in Skeletal Muscle. **Photochem Photobiol**. v. 86, n. 3, p. 673-80, 2010.

HEMMINGS, T. J.; KENDALL, K. L.; DOBSON, J. L. Identifying dosage effect of light-emitting diode therapy on muscular fatigue in quadriceps. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.31, n.2, p.395-402, 2017.

HORITA, T., KOMI, P. V., NICOL, C., KYRÖLÄINEN, H. Stretch shortening cycle fatigue: interactions among joint stiffness, reflex, and muscle mechanical performance in the drop jump. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v.73, n.5, p.393-403, 1996.

HUANG, Y. Y.; CHEN, A. C.; CARROLL, J. D.; HAMBLIN, M. R. Biphasic dose response in low level light therapy. **Dose Response**. v. 7, n. 4, p. 358-83, 2009.

KARU, T. I., PYATIBRAT, L. V., AFANASYEVA, N. I. Cellular effects of low power laser therapy can be mediated by nitric oxide. **Lasers in surgery and medicine**, v.36, n.4, p.307-314, 2005.

KELLMANN, M. Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v.20, n.9, p.95-102, 2010.

KENNY, G. P., et al. Tissue temperature transients in resting contra-lateral leg muscle tissue during isolated knee extension. **Canadian journal of applied physiology**, v.27, n.6, p.535-550, 2002.

KENNY, G. P. et al. Muscle temperature transients before, during, and after exercise measured using an intramuscular multisensor probe. **Journal of applied physiology**, v.94, n.6, p.2350-2357, 2003.

KISS, M. A. P. D., et al. Desempenho e talento esportivos. **Revista Paulista de Educação Física**. v.18, n.1, p.89-100, 2004.

KOMI, P. V., BOSCO, C. Muscles by men and women. **Medicine Science Sport Exercise**, v.10, n.2, p.261-265, 1978.

KOMI, P. V. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. **Journal of biomechanics**, v.33, n.10, p.1197-1206, 2000.

KRUSTRUP, P., et al. The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 35, n.4, p.697-705, 2003.

KRUSTRUP, P., et al. The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.38, n.9, p. 1666-1673, 2006.

LALONDE, R. G., et al. Canadian consensus guidelines for the management of cytomegalovirus disease in HIV/AIDS. **Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology**, v.15, n.6, p.327-335, 2004.

LAURENT, C. M., et al. A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.25, n.3, 620-628, 2011.

LEAL JUNIOR, E. C. P., et al. Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLLT) and LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high intensity exercise. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.27, n.4, p.617-623, 2009.

LEAL JUNIOR, E. C. P., et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. **Lasers in Medical Science**, v.24, p.425-431, 2009.

LEAL JUNIOR, E. C. P., et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise induced skeletal muscle fatigue in humans. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.26, n.5, p.419-424, 2008.

LEAL JUNIOR, E. C. P., 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. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.40, n.8, p.524-532, 2010.

LEAL JUNIOR, E. C. P., 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 in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery**, v.41, n.8, p.572-577, 2009.

MALTA, E. D. S., et al. Acute LED irradiation does not change the anaerobic capacity and time to exhaustion during a high-intensity running effort: a double-blind, crossover, and placebo-controlled study. **Lasers in medical science**, v.3, n.17, p.1473-1480, 2016.

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.

MAROCOLO, M., et al. Ischemic preconditioning and placebo intervention improves resistance exercise performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.30, n.5, p.1462-1469, 2016.

MCRAE, D. A., ESRICK, M. A. Changes in electrical impedance of skeletal muscle measured during hyperthermia. **International journal of hyperthermia**, v.9, n.2, p.247-261, 1993.

MESTER, E.; SZENDE, B.; TOTA, J. G. Effect of laser on hair growth of mice. **Kiserl Orvostud.** v. 19, n.2, p. 628-631, 1967.

MILLER, M. G. et al. The effects of a 6-week plyometric training program on agility. **Journal of sports science & medicine**, v.5, n.3, p.459, 2006.

MIRANDA, E. F., et al. Using pre-exercise photobiomodulation therapy combining super-pulsed lasers and light-emitting diodes to improve performance in progressive cardiopulmonary exercise tests. **Journal of Athletic Training**, v.51, n.3, 2016.

NASER, N., ALI, A., MACADAM, P. Physical and physiological demands of futsal. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v.15, n.2, p.76-80, 2017.

NEGRA, Y., et al. Agility in Young Athletes: Is It a Different Ability From Speed and Power?. **Journal of strength and conditioning research**, v.31, n.3, p.727-735, 2017.

PADULO, J., et al. EMG amplitude of the biceps femoris during jumping compared to landing movements. **Springerplus**, v.2, n.1, p.520, 2013.

PAUOLE K. et al. Reliability and validity of the T-Test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college aged men and women. **J Strength Cond Res**, v.14, n.4, p.443-450, 2000.

PEARSON, D. T., NAUGHTON, G. A., TORODE, M. Predictability of physiological testing and the role of maturation in talent identification for adolescent team sports. **Journal of science and medicine in sport**, v. 9, n.4, p.277-287, 2006.

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. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.30, n.12, p.3329-3338, 2016.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. Fisiologia do exercício. **Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**, v.2, 2000.

REILLY, T., BANGSBO, J., FRANKS, A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. **Journal of sports sciences**. v.18, n.9, p.669-683, 2000.

ROELANDTS, R. A new light on Niels Finsen, a century after his Nobel Prize. **Photodermatol Photoimmunol Photomed**. v. 21, p. 115-117, 2005.

ROWAT, O., FENNER, J., UNNITHAN, V. Technical and physical determinants of soccer match-play performance in elite youth soccer players. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v.57, n.4, p.369-379, 2017.

ROUSELL, G. J., COUTTS, A. J., REABURN, P., HILL-HAAS, S. Effect of post-match cold-water immersion on subsequent match running performance in junior soccer players during tournament play. **Journal of Sports Sciences**, v.29, n.1, p.1-6, 2011.

SALTIN, B., GAGGE, A. P., BERGH, U., STOLWIJK, J. A. Body temperatures and sweating during exhaustive exercise. **Journal of applied physiology**, v.32, n.5, p.635-643, 1972.

SANTOS, I. A., LEMOS, M. P., MOTA, G. R. Efeito de jogo de futsal sobre o desempenho intermitente de alta intensidade em futebolistas amadoras. **Arquivos de Ciências do Esporte**. v.6, n.1, p.20-23, 2018.

SARGEANT, A. J. Effect of muscle temperature on leg extension force and short-term power output in humans. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v.56, n.6, p.693-698, 1987.

SCHMITZ, B., et al. The Yo-Yo Intermittent Tests: A Systematic Review and Structured Compendium of Test Results. **Frontiers in physiology**, v.1, n.9, p.870, 2018.

SEMENICK, D. Testing protocols and procedures. **In: Baechle T, editor. Essentials of strength training and conditioning. 1st ed. Champaign (IL): Human Kinetics**, v.1, n.8, p.258-273, 1994.

SKURVYDAS, A., et al. The effect of sports specialization on musculus quadriceps function after exercise-induced muscle damage. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v.36, n.6, p.873-880, 2011.

SHEPPARD, J. M., YOUNG, W. B. Agility literature review: Classifications, training and testing. **Journal of sports sciences**, v.24, n.9, p.919-932, 2006.

SASSI, R. H., et al. Relative and absolute reliability of a modified agility T-test and its relationship with vertical jump and straight sprint. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.23, n.6, p.1644-1651, 2009.

SWEET, S. Warm-up or no warm-up. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.6, n.1, p.27-36, 2001.

TESSITORE, A., et al. Effectiveness of active versus passive recovery strategies after futsal games. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.22, n.5, p.1402-1412, 2008.

TOUNSI, M., JAAFAR, H., ALOUI, A., SOUISSI, N. Soccer-related performance in eumenorrheic Tunisian high-level soccer players: effects of menstrual cycle phase and moment of day. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v.58, n.4, p.497-502, 2018.

TUNÉR, J.; JENKINS, P.A. Parameter Reproducibility in Photobiomodulation. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 34, n.3, p. 91-92, 2016.

UGRINOWITSCH, C., BARBANTI, V. J. O ciclo de alongamento e encurtamento e a performance no salto vertical. **Revista Paulista de Educação Física**, v.12, n.1, p.85-94, 1988.

VANIN, A. A., et al. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. **Lasers in medical science**, v.33, n.1, p.181-214, 2018.

VESCOVI, J. D., MCGUIGAN, M. R. Relationships between sprinting, agility, and jump ability in female athletes. **Journal of Sports Sciences**, v.26, n.1, p.97-107, 2008.

ANEXO A - TCLE



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO
MINEIRO - Uberaba-MG Comitê de Ética em Pesquisa-
CEP

TERMO DE
ESCLARECIMENTO

Você está sendo convidada a participar do estudo “Efeitos da terapia de fotobiomodulação sobre o desempenho em futebolistas”. Os avanços na área do esporte e desempenho ocorrem através de estudos como este, por isso a sua participação é **muito importante**. O objetivo deste estudo é: Avaliar os efeitos da terapia de fotobiomodulação sobre o desempenho em futebolistas. Caso você participe, será necessário responder algumas perguntas, será coletado uma gota de sangue antes e após a realização de alguns testes. Antes dos testes será aplicada uma lâmpada de Laser/LED sobre a coxa na parte da frente e na parte posterior e panturrilha. Não será feito nenhum procedimento que traga qualquer risco à sua vida.

Você poderá obter todas as informações que quiser e poderá não participar da pesquisa ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem prejuízo no seu atendimento. Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro, mas terá a garantia de que todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa não serão de sua responsabilidade. Seu nome não aparecerá em qualquer momento do estudo, pois sua identificação será com um código. E ainda receberá todos os resultados dos testes e procedimentos que serão executados, além de todas as informações e explicações das análises dos seus resultados em um prazo **máximo de 60 dias** após a realização dos protocolos.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE, APÓS ESCLARECIMENTO.

Título do Projeto: EFEITOS DA TERAPIA DE FOTOBIMODULAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO EM FUTEBOLISTAS.

Eu, (_____), li e/ou ouvi o esclarecimento acima e compreendi para que serve o estudo e qual procedimento a que serei submetida. A explicação que recebi esclarece os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão. Sei que meu nome não será divulgado, que não terei despesas e não receberei dinheiro por participar do estudo, além de não oferecer qualquer risco à minha vida. Sendo assim, eu concordo em participar deste estudo.

Uberaba, ____/____/____

Assinatura do voluntário(a)

Assinatura do pesquisador responsável

Assinatura do pesquisador orientador

Telefone de contato dos pesquisadores:

Gustavo Ribeiro da Mota – (34) 991021577

Izabela Aparecida dos Santos – (34) 991625254

Em caso de dúvida em relação a esse documento, você pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, pelo telefone 3318-5854.

ANEXO B



**IFSC UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO**
Instituto de Física de São Carlos

Av. Trabalhador são-carlense, 400 / 13566-590
Caixa Postal 369 / 13560-970
São Carlos - SP, Brasil
Fone: +55 16 3373-9758
www.ifsc.usp.br - www.usp.br

DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que a aferição de potência sistema laser/LED "LX2.3 - Laser & LED Therapy System" (Thorlaser- n° série 230015) foi realizada no Laboratório de Biofotônica do Instituto de Física de São Carlos/ IFSC-USP utilizando um medidor de potência (PM10, Coherent).

A medida foi realizada em triplicata e o valor de intensidade encontrado foi de **(53+/- 3,5)mW/cm²** . O valor encontrado não diferiu para os diferentes valores de frequência de pulso (Hz).

São Carlos, 10 de setembro de 2018.

Lilian Tan Moriyama

(Especialista em Laboratório)

lili@ursa.ifsc.usp.br

tel: (16) 3373-9810 R. 217

ANEXO C - ARTIGO

REVISTA: Journal of Sports Sciences

QUALIS: A1

FATOR DE IMPACTO: 2.733

1q

The full title: Effects of acute photobiomodulation therapy on the performance of the specific tests in female amateur futsal players.

Running title: Photobiomodulation therapy and futsal

Izabela Aparecida dos Santos¹, Gustavo Ribeiro da Mota¹

¹ Human Performance and Sport Research Group, Postgraduating Program in Physical Education, Federal University of Triângulo Mineiro, Uberaba, Brazil.

Corresponding author:

Izabela Aparecida dos Santos

Postgraduating Program in Physical Education, Department of Sports Science, Faculty of Physical Education, Federal University of Triângulo Mineiro (UFTM), Av. Tutunas, nº 490, Bairro Tutunas. Uberaba, Minas Gerais, Brazil.

izabelaeduca94@hotmail.com

Abstract

Background: The acute improvement of performance after photobiomodulation therapy (PBMT) has been reported in different types of exercises. However, the effect on high-intensity and intermittent exercise is unknown. **Objective:** To evaluate the effect of prior acute application of PBMT on high-intensity and intermittent exercise performance and physiological/perceptual indicators in amateur female futsal players. **Methods:** Thirteen female futsal players cross-over and randomly on different days received either PBMT or SHAM and performed the CMJ, Illinois agility and YYIR1 tests, as well as responding to recovery status, perceived exertion, heart rate monitoring, and concentration of lactate analyzed. **Results:** The distance covered in YYIR1 did not differ ($p = 0.93$) between PBMT ($353.8 \pm 97.7\text{m}$) and SHAM ($350.8 \pm 88.1\text{m}$), as well as SVCM height and time in the test of agility, the intensity variables (lactate, RPE and HR) and recovery were also not statistically different between the two conditions. **Conclusion:** The acute application of PBMT prior to exercises does not influence specific high-intensity and intermittent exercise performance, neither physiological and perceptual intensity in amateur female futsal players.

Key-words: Intermittent performance, ergogenic aid, low-level laser therapy, female futsal.

Introduction

While the history of photobiomodulation therapy (PBMT) in clinical experiments has demonstrated relevance to wound healing (acute and chronic) by the increase of collagen synthesis, and the improvement of neovascularization and angiogenesis (Lalonde et al., 2004), nowadays the PBMT has been investigated as a possible ergogenic aid for exercise performance optimization (Leal Junior et al., 2008).

It has been suggested that PBMT could have effects on the mitochondrial enzymatic machinery for ATP production (Bakeeva, Rodichev, & Karu, 1993; Manteifel, & Karu, 2005), leading to a potential higher phosphocreatine re-synthesis. A better phosphocreatine re-synthesis could supply the necessary energy for the re-synthesis of the ATP enhancing the next exercise bout in activities like repeated sprints (e.g., futsal match) or during high-intensity exercise (Ferraresi et al., 2011). A study showed that PBMT increased the number of repetitions in strength exercise test in volleyball athletes compared to placebo treatment, and the authors speculated that the improvement in performance occurred by increasing the resynthesized phosphocreatine. Whether PBMT could improve the phosphocreatine re-synthesis a better performance in high-intensity exercise with short pause rest could be expected and potentially relevant for team sports (Leal Junior et al., 2010).

Positive effects from PBMT (applied before the exercise) on endurance exercise performance have been found recently. For instance, a study showed that the PBMT increased the exhaustion time in an incremental test (treadmill) in ~ 15 seconds (697 s placebo vs. 711 s PBMT) and in VO_{2max} ~ 2.3%. Besides, the same study found a reduction of oxidative stress markers and the authors speculated that the improvements achieved could be related to this (De Marchi et al., 2012). Another study presented improvements in an incremental test (treadmill) when individuals received previously PBMT: the distance covered increased by ~ 6.2% (or ~ 120 m) and the time until exhaustion in ~ 38 s (Miranda et al., 2016), suggesting therefore a consistent positive effect from PBMT on endurance performance.

Although the mechanisms for PBMT improving endurance performance are not fully elucidated, it seems that mitochondria metabolism has a role. In this context, the light from the PBMT might activate the mitochondrial Cox (complex IV) increasing the electron flows in the respiratory chain, expanding the amount of H^+ . Therefore, possibly the availability of energy (ATP) to the cellular activities would be increased by PBMT (Albuquerque-Pontes et al., 2015).

Although the findings of PBMT on some kinds of exercise performance are exciting, especially in endurance ones, is unknown the potential of PBMT for activities involving high-intensity intermittent exercise, including changes of direction, acceleration, and deceleration which are relevant for team sports (Negra et al., 2017). Because some studies have demonstrated that PBMT has a potential to enhance performance, this study evaluated the effect of prior acute application of PBMT on high-intensity and intermittent exercise performance (i.e., countermovement jump test [CMJ], Illinois agility test and YoYo intermittent recovery test level 1 [YYIR1]), and physiological/perceptual indicators as well as acute recovery in amateur female futsal players. We hypothesized that PBMT would improve the performance in the specific testes selected.

Methods

Participants and ethical care

Thirteen ($n = 13$) female futsal players participated in the study ($\bar{x} \pm sd$; 24.1 ± 3.7 yr, 63.6 ± 8.0 kg, 1.61 ± 0.4 m, 27.9 ± 4.4 % fat). The inclusion criteria were: age from 18 to 30 years, absence of chronic diseases, abstain from the use of supplements and / or medications with potential effects on physical performance, be practicing futsal for at least 1 year continuously, do not have acute and / or recent injuries. The non-attendance in the sessions of maximum 7 days, and also, the obtaining of some injury in the period of the study excluded the participant of the study. This study was approved by the local institutional Ethical Committee for Human Experiments (Federal University of Triângulo Mineiro no. 993.636/2015) and conducted according to the Helsinki Declaration. After the access to the informed consent term and knowing the procedures of the collections the participants signed an informed consent form. The sample size calculation was performed a priori based on studies of PBMT in sportsmen (Leal Junior et al., 2010; Pinto et al., 2016), (for effect size: 0.8; test power: 0.8), we considered the β value of 20% and α 5%, then the result of $n = 10$ was found. To counteract any potential, drop out, a sample of 13 participants was recruited for this study.

Experimental Design

This study is characterized as cross-sectional, experimental, randomized, balanced, cross-over, double-blind, and placebo-controlled trial. Prior to the effective start of the procedures, a

screening was done with the interested participants, the ones that fit the previously mentioned criteria. Two familiarization sessions (on different days) were performed for the purpose of learning and understanding of scales and tests from the study, and the anthropometric measurements were collected.

After the familiarization procedures, the participants attended the laboratory twice in separated days (7 days in-between) in a randomized crossover assignment (PBMT or SHAM) was adopted. Upon arriving in the laboratory, the player reported her perceived recovery status (PRS), visual analogue scale (VAS) of muscle soreness. A blood sample (25 μ L) was collected from the finger for lactate concentration measurement, then participant rested for five minutes.

Subsequently, an application of the PBMT or SHAM (PBMT device turned off) was started. In both conditions as the players were blinded (cloth band and overlapped) and could not hear any sound from the PBMT device. In the end of the application of PBMT or SHAM, the player performed a battery of tests ([vertical countermovement jump test] (CMJ), Illinois agility test and YoYo intermittent recovery test level 1 [YYIR1]). The details of the tests are described below. Each participant was evaluated individually to prevent possible influence from others and to be consistent.

The tests were monitored by the same experienced researcher, in the same environment and time of the day. Participants were informed that both PBMT and SHAM could optimize performance and none could cause harm. The tester was blind about the condition that the players had been submitted (PBMT or SHAM), as well as the players had no access on the performance data (e.g., distance covered, height of the jumps) and others indicators such as blood lactate or hear rate (Marocolo et al., 2016). The participants were prohibited to intake of caffeinated beverages, alcohol or some other substance that could interfere in the performance 48 hours of each test session and to prevent strenuous exercises (Garcia, da Mota, & Marocolo, 2016). The experimental design is shown in figure 1.

** Figure 1 near here**

Perceived recovery status and visual analogue scale

To guarantee similar recovery condition prior both sessions, before each session the players indicated a score on a perceived recovery scale that consists of numbering from 0 to 10 (arbitrary units - UA), where 0 corresponds to "very poorly recovered / extremely tired "And 10" very well recovered / with great energy " (Laurent et al., 2011). Also, the volunteers

indicated the level of generalized muscle soreness from a visual analogue scale (VAS), which comprises a ruler from 0 to 10, in which 0 is absence of pain and 10 maximum pain (Bijur, Silver, & Gallagher, 2001).

Blood lactate concentration, heart rate and RPE

Blood samples (25 μ L) of the players were collected from the tip of the index finger at two moments: before PBMT or SHAM (baseline) and 5 minutes after YYIR1, with the use of lancet for drilling and to measure the concentration valid portable analyzer (Fell, Rayfield, Gulbin, & Gaffney, 1998) (Accutrend[®] Plus System, ROCHE, Basel Switzerland). The HR was monitored during (minimum, average and peak) and after the tests (acute recovery = 3 minutes), using the Polar Team System[®] heart monitor, consisting of belts with transmitters in the participant's chest continuously recording (hit the beat). After all the tests, as well as 20 minutes after the session, each player indicated a score for her perceived effort through the CR-10 Borg scale. This scale ranges from 0 to 10, where 0 is "very easy" and 10 is "very, very difficult (maximum)" (Borg & Kaijser, 2006).

Photobiomodulation therapy and sham protocols

After five minutes of rest, PBMT application was initiated. The application process was performed in total cluster contact with the skin using an LED device (THOR[®] Photomedicine, London, UK), the application parameters are shown in table 1. The duration was 1 minute and 30 seconds in five two points in the quadriceps, two in the hamstrings and one point in the gastrocnemius as shown in Figure 2. The "SHAM" procedure consisted exactly as the actual application, but with the device turned off. To keep the volunteer "blind" to the procedures, a hearing protector (sound damper) was used to avoid the sound coming from the equipment, as well as an eye protector and glasses (specific device) to avoid the visualization of light beams coming from the equipment.

** Table 1 near here**

** Figure 2 near here**

Vertical jumps countermovement and Illinois agility test run

Jumping tests are commonly performed to evaluate lower limb power in different sports modalities, as well as being a potential fatigue detector, because when fatigue is established, it impairs muscular factors essential for CMJ, consequently decreasing the height of the same (Gathercole, Stellingwerff, & Sporer, 2015; Padulo et al., 2013). The vertical jump was performed in two moments (after the application of PBMT or SHAM) in order to evaluate if the PMBT would be able to reduce fatigue, were three attempts with 10 seconds of interval between repetitions, the highest jump height was considered for analysis. The performance was on platform strength (Bertec Acquire[®]), with the footballer starting the bending test of approximately 45° of the knees with the hands in the waist. After the voice command the jump was executed, before we communicated that the jump should be as high as possible and the feet should touch the platform with the knees extended. The software used to interpret this data was the OriginPro 8 version 2018 for Windows (Komi & Bosco, 1978).

Agility is a relevant physical capacity for futsal players (Negra et al., 2017). In the futsal match are required constant changes of directions, besides the average time of the test (Illinois of agility) to be similar to the time of sprints executed in in official games of futsal (Dogramaci, Watsford, & Murphy, 2011). The Illinois agility test was performed after the CMJ, in an area with four cones (10 meters long by 5 meters wide and 3.3 meters between the central cones) (Hachana et al., 2013). Participants were instructed to complete the course in the frontal displacement and with the highest possible speed, three attempts with 1 min and 30 seconds of recovery between the trials were allowed. The total time and mean value to complete the three attempts was considered for analysis and recorded by two photocells (CEFISE[®], Nova Odessa, São Paulo - Brazil).

YoYo intermittent recovery level 1 (YYIR1)

YYIR1 measures the ability to perform intense exercises and the short recovery of these exercises such as in futsal, as well as being highly reproducible, low cost, effective and reliable for different populations, and also provides physiological data such as maximum oxygen consumption (Krustrup et al., 2003; Naser, Ali, & Macadam, 2017). After five minutes of the agility test the YYIR1 was started. The test consists of repeated 2 x 20-m races in progressively increasing velocity stages (initial velocity 8 km/h -1), guided by specific audio (10 seconds for recovery in a marked area 5 meters behind the finish line). Test closure occurred due to lack of

reach in the footage and / or rhythm twice (Bangsbo, Iaia, & Krstrup, 2008). The audio was in a language different from that spoken by the players (keeping them blind about the performance). Verbal stimuli during the execution were standardized and performed by the tester.

Statistical analysis

The Shapiro-Wilk test was applied to verify the normal distribution of the data. For between-protocol analysis (SHAM vs PBMT) we used the paired T test (parametric data). For CMJ we applied a one-way ANOVA (time and treatment). The significance level was set at 0.05. The software used for data analysis was GraphPad® (Prism 6.0, San Diego, CA, USA).

Results

The perceived recovery scores did not differ ($p = 0.37$) between SHAM (8.46 ± 0.89 AU) and PBMT (8.48 ± 0.96). The muscle soreness scores also did not differ ($p = 0.33$) between SHAM (1.23 ± 0.84 AU) and PBMT (0.84 ± 0.68). The baseline blood lactate levels were similar ($p = 0.30$) for the two sessions: 2.05 ± 0.55 (SHAM) and 1.75 ± 0.75 (PBMT).

The height of CMJ after receiving treatment (SHAM and PBMT), as well as after the tests did not differ: pre = 18.5 ± 1.7 cm, post = 18.9 ± 19 cm ($p = 0.17$) vs pre = 19.3 ± 2.8 cm, post = 19.3 ± 3.0 cm (ANOVA, interaction and main effects: $F_{3,48} = 0.30893$; $p = 0.818$), respectively. Table 2 shows the performance of the agility test, showing no significant differences ($p > 0.05$).

** Table 2 near here**

The Figure 2 shows that the distance covered in the YYIR1 did not differ ($p = 0.93$) between TFBM (353.8 ± 97.7 m) vs SHAM (350.8 ± 88.1 m).

** Figure 2 near here**

We verified the individual change in the distances covered by each player in YYIR1. It should be noted that only five players (~ 38%) performed better after PBMT, while three (~ 23%) covered equal distances in both conditions and the other five (~ 38%) covered smaller distances under the PBMT condition.

Table 3 indicates the intensity variables during the YYIR1 test and the whole session, as well as the beginning of the recovery, showing no significant differences ($p > 0.05$) between the situations.

** Table 3 near here**

Discussion

The main objective of the study was to identify if the PBMT has an ergogenic effect on the performance in a battery of specific physical tests and physiological variables in amateur futsal players. As far as we know, this is the first study evaluating PBMT on high intensity intermittent running event in the female players. The main finding was that previous use of acute PBMT did not influence the intermittent performance of the players.

The recovery and muscle soreness scores were similar between SHAM and PBMT, the recovery state was on average 8.5 [AU] (reference = 10), corresponding to "well recovered" and 1.0 (reference = 10) for pain, equivalent to "absence of pain / minimal pain", thus making our comparisons reliable, since the players started from very similar recovery states.

CMJ is a tool to monitoring neuromuscular fatigue, fatigue is conceptualized as exercise-induced reduction in maximal muscle strength (Gandevia, 2001), in addition to being used to evaluate physical recovery (Halson, 2014). In the present study the PBTM had no influence on CMJ data (neither positive nor negative), diverging from the study by (Dornelles et al., 2019), where previous application of PBTM promoted a 53% chance of beneficial effects at CMJ measured by interference based on magnitude (compared to placebo) in futsal players after a simulated match. The divergence between our study and their study can be explained by the exposed exercises (match vs tests). Probably a soccer-induced fatigue and muscle damage are much higher than the battery of tests we present here.

The enhancement of mitochondrial activity is one of the most discussed mechanisms for PBMT, which may lead to a higher resynthesize of phosphocreatine, which occurs in intense and short duration exercises (Ferraresi, Hamblin, & Parizotto, 2012). If the resynthesize of phosphocreatine is not effective, the subsequent activity tends to be negatively compromised. In the current study, PBMT showed no effect on the Illinois agility test as well as the intensity variables analyzed (HR and RPE responses). We could not find any similar study testing PBMT in agility tests specifically. One study showed that the previous application of PBMT led to the decrease of $\cong 14$ seconds in progressive running (1 km.h⁻¹ every minute up to 16 km.h⁻¹) (De

Marchi et al., 2012), the fact that our data do not meet these findings may be due to the fact that the Illinois test is continuous and non-progressive, in addition to the difference in the sample, in the case of the study cited untrained men facilitate improvement by any intervention) and in the present trained footballers.

No female player reported being in the menstrual period during the experiment, it is known that the phase of the menstrual cycle does not affect performance in tests such as YYIR1 (Tounsi, Jaafar, Aloui, & Souissi, 2018). In the current study, PBMT did not influence the performance and intensity variables of YYIR1 (i.e., HR responses, lactate and RPE). As far as we know there is no study of YYIR1 with women's futsal and few with soccer, professional footballers run ~ 972 meters in this test, big difference with our sample, this difference is probably due to the training status and the fact that soccer requires higher levels of aerobic metabolism (Rowat, Fenner, & Unnithan, 2017). However, the data showed that internal intensity during the YYIR1 was extremely high (e.g., RPE = 9.5 [AU]). RPE is a tool used to quantify the individual intensity (Borg & Kaijser, 2006).

There is no study that has effectively analyzed the effect of PBMT on heart rate responses, but it seems that the application of PBMT may induce cardiovascular efficiency by increasing muscle yield in oxygen (O₂) (extraction and use) at submaximal intensities, which decreases or maintains HR values (Dellagrana, Rossato, Sakugawa, Baroni, & Diefenthaeler, 2018), in the case of the present study these responses were not found.

In relation to the lactate levels after YYIR1, there is a study showing that in the YYIR1 between 280 and 440 m (mean distance covered in the current study) anaerobic metabolism dependence, explaining the exponential increase in lactate production (Dobbin, Moss, Highton, & Twist, 2018). Further, blood lactate levels above 8 mmol.L⁻¹ is one of the indicators of maximum effort (Edwardsen, Hem, & Anderssen, 2014), sustaining a high intensity of YYIR1 for our sample. The effects of PBMT on post-exercise lactate concentration are still quite controversial. A possible benefit would be due to the increase in mitochondrial activity, resulting in an increase in lactate oxidation (Ferraresi et al., 2012). Studies show that the application of PBMT before high intensity exercises increases lactate removal (Leal Junior, Lopes-Martins, Baroni, et al., 2009; Leal Junior, Lopes-Martins, Vanin, et al., 2009). However, other studies corroborate our findings, showing no effect on blood lactate levels (Hemmings, Kendall, & Dobson, 2017; Malta Ede et al., 2016).

Finally, the RPE of the session is in two ways, having around 7.5 [AU], i.e. a set of sessions as "Very strong / intense".

The greatest measure of uncertainties and controversies in studies of a PBMT is a performance parameter not having consensus on an exact dose of satisfactory results, a dose of the present study was 4,5J / cm² which corresponded in 200J of energy, the medians are evaluated by meta-analysis where the greatest results are ranged from 60 to 300J for large muscle groups (Vanin, Verhagen, Barboza, Costa, & Leal-Junior, 2018).

It is necessary to emphasize some limitations of the present study as the control of the recovery, mainly the hours of sleep between the two experimental sessions.

Conclusion

The acute application of PBMT prior to exercises does not influence performance in specific high-intensity and intermittent exercise tests, neither physiological (i.e., HR and blood lactate responses) and perceptual internal intensity (i.e., RPE) in amateur female futsal players.

Acknowledgments: The authors would like to thank the Biphotonic Laboratory of the University of São Paulo for their assistance, the subjects of the research, and also the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) for the partial funding of the research.

References

- Albuquerque-Pontes, G. M., Vieira, R. P., Tomazoni, S. S., Caires, C. O., Nemeth, V., Vanin, A. A., . . . Leal-Junior, E. C. (2015). Effect of pre-irradiation with different doses, wavelengths, and application intervals of low-level laser therapy on cytochrome c oxidase activity in intact skeletal muscle of rats. *Lasers Med Sci*, *30*(1), 59-66. doi:10.1007/s10103-014-1616-2
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med*, *38*(1), 37-51. doi:10.2165/00007256-200838010-00004
- Bakeeva, L. E., Rodichev, E. B., & Karu, T. I. (1993). Formation of gigantic mitochondria in human blood lymphocytes under the effect of an He-Ne laser. *Molekuliarnaia biologiya*, *27*(3), 608-617.
- Bijur, P. E., Silver, W., & Gallagher, E. J. (2001). Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. *Acad Emerg Med*, *8*(12), 1153-1157.
- Borg, E., & Kaijser, L. (2006). A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scand J Med Sci Sports*, *16*(1), 57-69. doi:10.1111/j.1600-0838.2005.00448.x

- De Marchi, T., Leal Junior, E. C., Bortoli, C., Tomazoni, S. S., Lopes-Martins, R. A., & Salvador, M. (2012). Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. *Lasers Med Sci*, 27(1), 231-236. doi:10.1007/s10103-011-0955-5
- Dellagrana, R. A., Rossato, M., Sakugawa, R. L., Baroni, B. M., & Diefenthaler, F. (2018). Photobiomodulation Therapy on Physiological and Performance Parameters During Running Tests: Dose-Response Effects. *J Strength Cond Res*, 32(10), 2807-2815. doi:10.1519/jsc.0000000000002488
- Dobbin, N., Moss, S. L., Highton, J., & Twist, C. (2018). An examination of a modified Yo-Yo test to measure intermittent running performance in rugby players. *Eur J Sport Sci*, 18(8), 1068-1076. doi:10.1080/17461391.2018.1475509
- Dogramaci, S. N., Watsford, M. L., & Murphy, A. J. (2011). Time-motion analysis of international and national level futsal. *J Strength Cond Res*, 25(3), 646-651. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c6a02e
- Dornelles, M. P., Fritsch, C. G., Sonda, F. C., Johnson, D. S., Leal-Junior, E. C. P., Vaz, M. A., & Baroni, B. M. (2019). Photobiomodulation therapy as a tool to prevent hamstring strain injuries by reducing soccer-induced fatigue on hamstring muscles. *Lasers Med Sci*. doi:10.1007/s10103-018-02709-w
- Edvardsen, E., Hem, E., & Anderssen, S. A. (2014). End criteria for reaching maximal oxygen uptake must be strict and adjusted to sex and age: a cross-sectional study. *PLoS One*, 9(1), e85276. doi:10.1371/journal.pone.0085276
- Fell, J. W., Rayfield, J. M., Gulbin, J. P., & Gaffney, P. T. (1998). Evaluation of the Accusport Lactate Analyser. *Int J Sports Med*, 19(3), 199-204. doi:10.1055/s-2007-971904
- Ferraresi, C., de Brito Oliveira, T., de Oliveira Zafalon, L., de Menezes Reiff, R. B., Baldissera, V., de Andrade Perez, S. E., ... & Parizotto, N. A. (2011). Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Lasers in medical science*, 26(3), 349-358.
- Ferraresi, C., Hamblin, M. R., & Parizotto, N. A. (2012). Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. *Photonics Lasers Med*, 1(4), 267-286. doi:10.1515/plm-2012-0032
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev*, 81(4), 1725-1789. doi:10.1152/physrev.2001.81.4.1725
- Garcia, C. A., da Mota, G. R., & Marocolo, M. (2016). Cold Water Immersion is Acutely Detrimental but Increases Performance Post-12 h in Rugby Players. *Int J Sports Med*, 37(8), 619-624. doi:10.1055/s-0035-1565200
- Gathercole, R. J., Stellingwerff, T., & Sporer, B. C. (2015). Effect of acute fatigue and training adaptation on countermovement jump performance in elite snowboard cross athletes. *J Strength Cond Res*, 29(1), 37-46. doi:10.1519/jsc.0000000000000622
- Hachana, Y., Chaabene, H., Nabli, M. A., Attia, A., Moualhi, J., Farhat, N., & Elloumi, M. (2013). Test-retest reliability, criterion-related validity, and minimal detectable change of the Illinois agility test in male team sport athletes. *J Strength Cond Res*, 27(10), 2752-2759. doi:10.1519/JSC.0b013e3182890ac3
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med*, 44 Suppl 2, S139-147. doi:10.1007/s40279-014-0253-z
- Hemmings, T. J., Kendall, K. L., & Dobson, J. L. (2017). Identifying Dosage Effect of Light-Emitting Diode Therapy on Muscular Fatigue in Quadriceps. *J Strength Cond Res*, 31(2), 395-402. doi:10.1519/jsc.0000000000001523
- Komi, P. V., & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports*, 10(4), 261-265.

- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., . . . Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc*, *35*(4), 697-705.
doi:10.1249/01.Mss.0000058441.94520.32
- Lalonde, R. G., Boivin, G., Deschenes, J., Hodge, W. G., Hopkins, J. J., Klein, A. H., . . . Walmsley, S. (2004). Canadian consensus guidelines for the management of cytomegalovirus disease in HIV/AIDS. *Can J Infect Dis Med Microbiol*, *15*(6), 327-335.
- Laurent, C. M., Green, J. M., Bishop, P. A., Sjokvist, J., Schumacker, R. E., Richardson, M. T., & Curtner-Smith, M. (2011). A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale. *J Strength Cond Res*, *25*(3), 620-628. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c69ec6
- Leal Junior, E. C., Lopes-Martins, R. A., Baroni, B. M., De Marchi, T., Taufer, D., Manfro, D. S., . . . Bjordal, J. M. (2009). Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers Med Sci*, *24*(6), 857-863. doi:10.1007/s10103-008-0633-4
- Leal Junior, E. C., Lopes-Martins, R. A., Dalan, F., Ferrari, M., Sbabo, F. M., Generosi, R. A., . . . Bjordal, J. M. (2008). Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Photomed Laser Surg*, *26*(5), 419-424. doi:10.1089/pho.2007.2160
- Leal Junior, E. C., Lopes-Martins, R. A., Frigo, L., De Marchi, T., Rossi, R. P., de Godoi, V., . . . Bjordal, J. M. (2010). 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*, *40*(8), 524-532. doi:10.2519/jospt.2010.3294
- Leal Junior, E. C., Lopes-Martins, R. A., Vanin, A. A., Baroni, B. M., Grosselli, D., De Marchi, T., . . . Bjordal, J. M. (2009). Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Lasers Med Sci*, *24*(3), 425-431. doi:10.1007/s10103-008-0592-9
- Malta Ede, S., De Poli, R. A., Brisola, G. M., Milioni, F., Miyagi, W. E., Machado, F. A., & Zagatto, A. M. (2016). Acute LED irradiation does not change the anaerobic capacity and time to exhaustion during a high-intensity running effort: a double-blind, crossover, and placebo-controlled study : Effects of LED irradiation on anaerobic capacity and performance in running. *Lasers Med Sci*, *31*(7), 1473-1480. doi:10.1007/s10103-016-2011-y
- Manteifel, V. M., & Karu, T. I. (2005). Structure of mitochondria and activity of their respiratory chain in successive generations of yeast cells exposed to He-Ne laser light. *Biology Bulletin*, *32*(6), 556-566.
- Marocolo, M., Willardson, J. M., Marocolo, I. C., da Mota, G. R., Simao, R., & Maior, A. S. (2016). Ischemic Preconditioning and Placebo Intervention Improves Resistance Exercise Performance. *J Strength Cond Res*, *30*(5), 1462-1469. doi:10.1519/jsc.0000000000001232
- Miranda, E. F., Vanin, A. A., Tomazoni, S. S., Grandinetti Vdos, S., de Paiva, P. R., Machado Cdos, S., . . . Leal-Junior, E. C. (2016). Using Pre-Exercise Photobiomodulation Therapy Combining Super-Pulsed Lasers and Light-Emitting Diodes to Improve Performance in Progressive Cardiopulmonary Exercise Tests. *J Athl Train*, *51*(2), 129-135. doi:10.4085/1062-6050-51.3.10
- Naser, N., Ali, A., & Macadam, P. (2017). Physical and physiological demands of futsal. *J Exerc Sci Fit*, *15*(2), 76-80. doi:10.1016/j.jesf.2017.09.001

- Negra, Y., Chaabene, H., Hammami, M., Amara, S., Sarmoud, S., Mkaouer, B., & Hachana, Y. (2017). Agility in Young Athletes: Is It a Different Ability From Speed and Power? *J Strength Cond Res*, *31*(3), 727-735. doi:10.1519/jsc.0000000000001543
- Padulo, J., Tiloca, A., Powell, D., Granatelli, G., Bianco, A., & Paoli, A. (2013). EMG amplitude of the biceps femoris during jumping compared to landing movements. *Springerplus*, *2*, 520. doi:10.1186/2193-1801-2-520
- Pinto, H. D., Vanin, A. A., Miranda, E. F., Tomazoni, S. S., Johnson, D. S., Albuquerque-Pontes, G. M., . . . Leal-Junior, E. C. (2016). 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*, *30*(12), 3329-3338. doi:10.1519/jsc.0000000000001439
- Rowat, O., Fenner, J., & Unnithan, V. (2017). Technical and physical determinants of soccer match-play performance in elite youth soccer players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, *57*(4), 369-379.
- Tounsi, M., Jaafar, H., Aloui, A., & Souissi, N. (2018). Soccer-related performance in eumenorrheic Tunisian high-level soccer players: effects of menstrual cycle phase and moment of day. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, *58*(4), 497-502.
- Vanin, A. A., Verhagen, E., Barboza, S. D., Costa, L. O. P., & Leal-Junior, E. C. P. (2018). Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci*, *33*(1), 181-214. doi:10.1007/s10103-017-2368-6

Tables and Figures

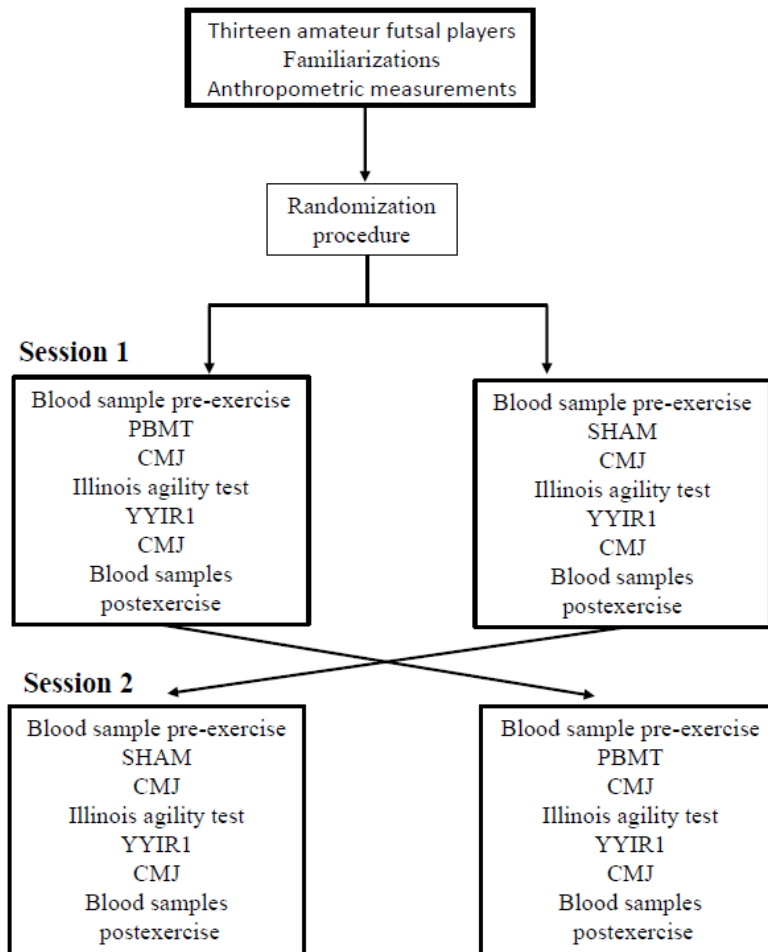
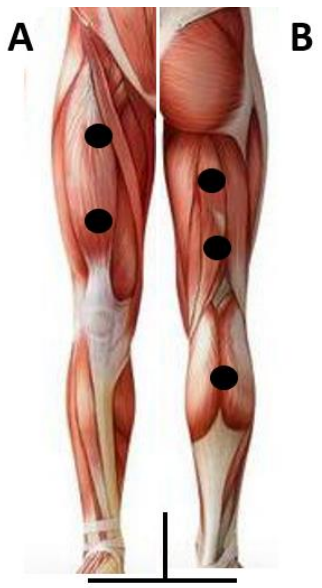


Figure 1. Experimental designer. Fotobiomodulation therapy (PBMT), countermovement jump (CMJ), YoYo intermittent recovery level 1 (YYIR1).

Table 1. PBMT Application Parameters

Parameters	
Number of diodes	69 (34 diodes de 660nm e 35 diodes 850nm)
Laser frequency	Continuous
Cluster area	44,2 cm ²
Optical output	53 mW/cm ²
Spot site área	0, 234 cm ²
Dose	200 J
Energy density	4,5J/cm ²
Irradiation time	90-s per point

**Figure 2.** Application points of the PBMT. A= anterior part; B= posterior.**Table 2.** Illinois Performance Test.

	SHAM	PBMT	p value
Total time (s)	58.98 ± 2.3	58.97 ± 3.1	0.99
Mean time (s)	19.66 ± 0.7	19.66 ± 1.0	0.99
Best time (s)	19.53 ± 0.9	19.39 ± 1.0	0.68

Data are mean ± standard deviation; total time refers to the sum of the three agility test attempts; mean time refers to the average of the three attempts; best time refers to the best time between the three attempts; all data is displayed in seconds (s); no significant differences ($p > 0.05$).

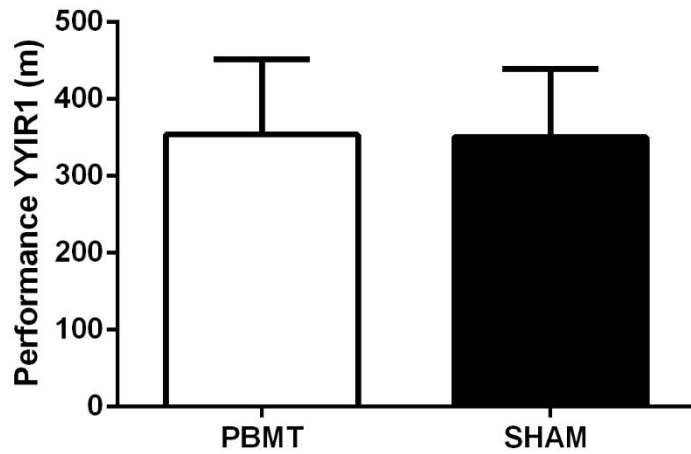


Figure 2. YYIR1 test performance. Performance was given by meters (m) covered in the test, Fotobiomodulation therapy (PBMT), no significant differences ($p > 0.05$).

Table 3. YYIR1 test intensity variables.

	SHAM	PBMT	p value
HR min	132.2 ± 17.0	131.4 ± 24.1	0.92
HR mean	169.4 ± 12.5	171.1 ± 16.0	0.76
HR peak	184.8 ± 10.0	190.3 ± 8.1	0.10
RPE (AU)	9.38 ± 0.6	9.46 ± 0.7	0.79

Data are mean ± standard deviation; minimal heart rate (HR min); perceived effort (RPE); arbitrary units (AU); no significant differences ($p > 0.05$).