

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Especialização em Fisioterapia Esportiva

Luís Augusto Ferraz de Souza

Revisão de literatura da influência da biofotomodulação na força e hipertrofia muscular.
Quais parâmetros e métodos utilizar?

Belo Horizonte

2022

Luís Augusto Ferraz de Souza

**REVISÃO DE LITERATURA DA INFLUÊNCIA DA BIOFOTOMODULAÇÃO NA
FORÇA E HIPERTROFIA MUSCULAR. QUAIS PARÂMETROS E MÉTODOS
UTILIZAR?**

Monografia apresentada ao curso de
Especialização em Fisioterapia Esportiva da
Escola de Educação Física, Fisioterapia e
Terapia Ocupacional da Universidade Federal
de Minas Gerais

Orientador: Prof. Me. Thiago Vinicius Ferreira

Belo Horizonte

2022

S729r Souza, Luís Augusto Ferraz de
2022 Revisão de literatura da influência da biofotomodulação na força e hipertrofia muscular. Quais parâmetros e métodos utilizar?. [manuscrito] / Luís Augusto Ferraz de Souza – 2022.
22 f.: il.

Orientador: Thiago Vinicius Ferreira

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 17-18

1. Terapia com luz de baixa intensidade. 2. Fototerapia. 3. Força muscular. 4. Fisioterapia esportiva. I. Ferreira, Thiago Vinicius. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 615.8:796

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Sheila Margareth Teixeira Adão, CRB 6: nº 2106, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESPECIALIZAÇÃO EM AVANÇOS CLÍNICOS EM FISIOTERAPIA

UFMG

FOLHA DE APROVAÇÃO

Revisão de literatura da influência da biofotomodulação na força e hipertrofia muscular. Quais parâmetros e métodos utilizar?

LUÍS AUGUSTO FERRAZ DE SOUZA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pela Coordenação do curso de ESPECIALIZAÇÃO EM FISIOTERAPIA, do Departamento de Fisioterapia, área de concentração FISIOTERAPIA ESPORTIVA.

Aprovada em 03 de dezembro de 2022, pela banca constituída pelos membros: Thiago Vinicius Ferreira, Michelle Sena de Castro Silva e Paula Renata Soares Procópio.

Renan Alves Resende

Prof(a). Renan Alves Resende
Coordenador do curso de Especialização em Avanços Clínicos em Fisioterapia

Belo Horizonte, 03 de dezembro de 2022

RESUMO:

A biofotomodulação é muito utilizada no contexto da Fisioterapia, tanto para o tratamento de lesões quanto para analgesia, no entanto, a BFM também pode ser utilizada para o aumento de performance. Já existem estudos comprovando a sua eficácia no aumento de força muscular e hipertrofia. No entanto, ainda restam dúvidas sobre a melhor forma de utilização. Por isso, o presente estudo tem como objetivo avaliar e descrever as principais evidências atuais disponíveis sobre a influência da biofotomodulação na hipertrofia e força muscular, buscando os melhores parâmetros para a utilização desse recurso para esse fim. Para isso foi realizada uma revisão de literatura sobre estudos que utilizaram a BFM e avaliaram a hipertrofia muscular e a força muscular em indivíduos jovens. Foram realizadas buscas em duas bases de dados: PubMed e SciELO, utilizando as seguintes palavras chaves: *laser, low level laser therapy, low level light therapy, photobiomodulation, ledt, phototherapy, hypertrophy, muscle hypertrophy, strength, muscle growth, muscle size e strength training*. Foram aplicados dois filtros durante a busca, data de publicação de até 10 anos e ensaio clínico randomizado. Os estudos elegíveis, precisavam utilizar a biofotomodulação como intervenção na musculatura e avaliar a força muscular e/ou hipertrofia muscular antes e depois da intervenção. Não foram inclusos trabalhos publicados em línguas diferentes da inglesa e portuguesa, trabalhos que utilizaram voluntários com alguma patologia ou maiores que 60 anos e estudos odontológicos. Apenas nove trabalhos foram inclusos na revisão. Foram analisadas características da amostra, qualidade metodológica dos estudos, características do protocolo de treinamento, características do recurso da BFM utilizado e os desfechos e resultados avaliados. Dos nove trabalhos incluídos, quatro investigaram a influência da BFM na perda de força após exercício, cinco investigaram a influência da BFM no ganho de força muscular e dois investigaram influência da BFM na hipertrofia muscular. Sete estudos apresentaram resultados positivos em relação à força muscular e apenas um em relação à hipertrofia muscular. O melhor momento da aplicação do recurso parece ser antes do protocolo de exercícios. Não houve consenso em relação a dose utilizada, nem ao comprimento de onda. Em relação à força, embora a revisão aponte resultados positivos para uso da BFM, ainda são necessários mais estudos para um melhor entendimento de qual dosagem e comprimento de onda utilizar. Para a hipertrofia muscular, ainda existem poucos trabalhos realizados, o que indica a necessidade de realização de mais estudos sobre o tema.

Palavras Chave: biofotomodulação, fototerapia, força muscular, hipertrofia muscular

ABSTRACT:

The photobiomodulation (PBM) is widely used in the context of Physical Therapy, both for the treatment of injuries and the treatment of pain, however, PBM can also be used to increase muscle performance. There are some studies proving its effectiveness in increasing muscle strength and hypertrophy. However there still are doubts about the best way to use it. Therefore, the present study aims to evaluate and describe the main current evidence available on the influence of PBM on muscle strength and hypertrophy, searching the best parameters for the use of this resource. For this, literature review was carried out on studies that used PBM and evaluated muscle strength and/or muscle hypertrophy in young individuals. Searches were carried out in two databases: PubMed and SciELO, using the following keywords: *laser, low level laser therapy, low level light therapy, photobiomodulation, ledt, phototherapy, hypertrophy, muscle hypertrophy, strength, muscle growth, muscle size and strength training*. Two filters were applied during the search, publication date up to ten years and randomized controlled trials. Eligible studies needed to use PBM in muscle as intervention and assess muscle strength and/or muscle hypertrophy before and after the intervention. Studies published in languages other than English and Portuguese, papers that used volunteers with any pathology or over 60 years and dental studies were not included. Only nine studies were included in this review. Sample characteristics, methodological quality of studies, characteristics of the training protocol, used PBM parameters and the outcomes and results evaluated were analyzed. Four of the nine studies included investigated the influence of PBM on strength loss after exercise, five investigated the influence of PBM on muscle strength gain, and two investigated the influence of PBM on muscle hypertrophy. Seven studies showed positive results in relation to muscle strength and only one in relation to muscle hypertrophy. The best time to apply the resource seems to be before the exercise protocol. There was no consensus regarding the dosage used or the wavelength. Regarding muscle strength, this review showed positive results, although further studies are still needed for a better understanding of which dosage and wavelength to use. For muscle hypertrophy, there are still few papers available, which indicates the need for further studies on this subject.

Keywords: photobiomodulation, phototherapy, muscle hypertrophy, muscle strength

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO:	7
2. OBJETIVO:	8
3. METODOLOGIA:	9
3.1. Procedimentos	9
3.2. Estratégias de busca	9
3.3. Seleção dos estudos	9
3.4. Extração de dados e Avaliação de qualidade	10
4. RESULTADOS	11
5. DISCUSSÃO	13
5.1. Atuação da BFM na diminuição da perda de força após o exercício	13
5.2. Atuação da BFM na hipertrofia muscular	14
5.3. Influência da BFM no ganho de força	14
6. CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	18
ANEXOS:	20
Tabela 1. Características gerais dos estudos selecionados para análise.	20
Tabela 2. Características dos recursos de BFM utilizados:	21
Tabela 3. Protocolos, desfechos e resultados avaliados:	22

1. INTRODUÇÃO:

A biofotomodulação (BFM) é o uso de agentes eletrofísicos que utilizam a luz de forma terapêutica, esses recursos estimulam os fotorreceptores nas células por meio da absorção da luz gerando efeitos fotoquímicos celulares (LIN et al., 2010; HUANG et al., 2011). Os recursos mais estudados e utilizados são o laser de baixa intensidade (LLLT) e o diodo emissor de luz (LEDT). A BFM é muito utilizada no contexto da reabilitação, uma vez que atua na dor (FULOP et al., 2010), inflamação (BJORDAL et al., 2010) e reparo tecidual (FULOP et al., 2009). A BFM pode gerar diversos benefícios para o tecido muscular, isso acontece devido a estimulação da atividade mitocondrial que ocorre após a irradiação de fótons com comprimento de onda vermelho ou perto do infravermelho que são absorvidos pela citocromo c oxidase (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012a). O tecido muscular depende muito de ATP e o aumento robusto de ATP celular causado pela BFM é a hipótese mais popular para a explicação dos efeitos (FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016). Outros mecanismos de ação da BFM no tecido musculares já são descritos na literatura como: aumento do metabolismo e síntese de ATP, estimulação contra o estresse oxidativo, prevenção e reparo de danos musculares, modulação gênica por meio da ativação de fatores de transcrição e possível aumento na excitabilidade nas fibras musculares (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012b). Além disso, já foram demonstrados efeitos positivos da BFM em associação com exercício, induzindo efeitos ergogênicos e profiláticos (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013). Por isso, o uso da BFM no contexto esportivo e ortopédico é cada vez mais frequente.

Um dos objetivos mais comuns do processo de reabilitação e também do processo de treinamento, é o ganho de força e de hipertrofia muscular. Um dos recursos utilizados para esse fim é o treinamento resistido. O treinamento resistido promove diversos benefícios, tanto para a saúde em geral como para funcionalidade (WESTCOTT, 2012). Vários trabalhos já evidenciaram os efeitos positivos da combinação da BFM em conjunto com o exercício resistido (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012; FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016) otimizando inclusive o ganho de força (VANIN et al., 2016) e hipertrofia muscular (BARONI et al., 2015). Porém, não há um consenso na literatura, ainda há dúvidas sobre os melhores parâmetros e métodos para a utilização do recurso para esse fim, uma vez que há uma grande variedade dos instrumentos utilizados, das doses recomendadas e do melhor momento de utilização da terapia.

2. OBJETIVO:

Avaliar e descrever as evidências atuais sobre a influência da biofotomodulação na hipertrofia e força muscular, buscando os melhores parâmetros para a utilização desse recurso para esse fim. Para isso foi realizada uma revisão de literatura sobre estudos que utilizaram a Biofotomodulação e avaliaram a hipertrofia muscular e a força muscular em indivíduos jovens.

3. METODOLOGIA:

3.1. Procedimentos

Este estudo, embora não seja uma revisão sistemática, foi baseado no Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). O guideline PRISMA consiste em checklist de 27 itens e um diagrama de 4 fases para a realização da revisão sistemática (LIBERATI et al., 2009). Alguns itens foram adaptados para a realização dessa revisão.

3.2 Estratégias de busca

Foi realizada uma busca literária em bancos de dados eletrônicos na língua portuguesa e inglesa, incluindo todos os ensaios clínicos randomizados publicados entre 2012 até julho de 2022, procurando por efeitos da biofotomodulação na hipertrofia e força muscular. Foram utilizados os seguintes bancos de dados: MED-LINE (PubMed) e SciELO. As seguintes palavras chaves foram utilizadas: laser, low level laser therapy, low level light therapy, photobiomodulation, ledt, phototherapy, hypertrophy, muscle hypertrophy, strength, muscle growth, muscle size e strength training. A busca foi realizada manualmente identificando os trabalhos relevantes para o tema. Para a realização da busca foram utilizados os seguintes filtros: data de publicação de até 10 anos e ensaio clínico randomizado.

3.3. Seleção dos estudos

Os critérios de inclusão utilizados foram: 1) Utilização da biofotomodulação como intervenção na musculatura e 2) Avaliação da hipertrofia muscular e ou da força muscular antes e depois da intervenção. Como critério de exclusão: 1) estudos publicados em línguas diferentes da inglesa e portuguesa; 2) presença de patologias; 3) idade da amostra maior que 60 anos; 4) Estudos odontológicos.

3.4. Extração de dados e Avaliação de qualidade

Um avaliador (L.S.) realizou a busca nas bases de dados identificando os estudos relevantes para o tema, por meio do título e resumo do artigo. Os trabalhos relevantes eram avaliados por completo, levando em conta critérios de elegibilidade, utilizando os critérios de inclusão e exclusão. Os trabalhos escolhidos foram utilizados na análise. Caso houvesse alguma dúvida sobre inclusão ou não do estudo durante o processo um segundo avaliador (T.F.) também avaliava o trabalho e os avaliadores entravam em consenso sobre a inclusão ou não do trabalho.

Após a seleção dos estudos, os seguintes dados foram extraídos: a) autor e ano da publicação b) características da amostra (número de indivíduos, sexo e idade) d) musculatura avaliada e) protocolo de treinamento f) tipo de recurso biofotomodulador utilizado, g) frequência de aplicação, h) protocolo de aplicação, i) potência do recurso, j) comprimento de onda, k) densidade energética, l) dose por ponto, m) dose total, n) modo de aplicação o) resultados p) pontuação na escala PEDro, q) desfechos avaliados.

Para avaliação da qualidade metodológica dos estudos foi utilizado a tradução da escala PEDro (SHIWA et al., 2011). A escala apresenta níveis moderados de confiabilidade para avaliação de metodológica de ensaios clínicos randomizados (MAHER et al., 2003). É composta por 11 itens que avaliam os seguintes critérios 1) Especificação dos critérios de elegibilidade 2) Aleatorização correta 3) Sigilo na alocação 4) grupos semelhantes 5) cegamento dos voluntários 6) cegamento dos terapeutas 7) cegamento da avaliação de resultados 8) medida de pelo menos um desfecho primário em 85% dos voluntários alocados 9) análise da adequação do grupo ou intenção de tratar 10) comparação entre grupos para pelo menos um resultado primário 11) medidas de precisão e variabilidade para pelo menos um resultado chave. A pontuação é dada de 0 a 10, sendo atribuído um ponto para cada critério avaliado na escala, porém o primeiro item não apresenta pontuação. A pontuação é atribuída apenas para critérios que foram claramente satisfeitos, caso haja dúvida o critério não é pontuado. Estudos com pontuação de 0 a 3 são consideradas de pobre qualidade (poor), de 4 a 5 razoável qualidade (fair), de 6 a 8 boa qualidade e 9 a 10 excelente qualidade (excelent)(CASHIN; MCAULEY, 2020).

4. RESULTADOS

Um total 291 artigos foram encontrados nas bases pesquisadas. Na primeira triagem foram excluídos 257 trabalhos com base nos títulos e resumos. Foram retirados trabalhos que fugiam do tema, não apresentavam avaliação de força e não utilizaram como intervenção biofotomodulação. Dos trabalhos restantes, foram excluídos 25 estudos que não atenderam os critérios de inclusão e exclusão. Dessa forma, foram incluídos nesta revisão 9 estudos (Figura 1).

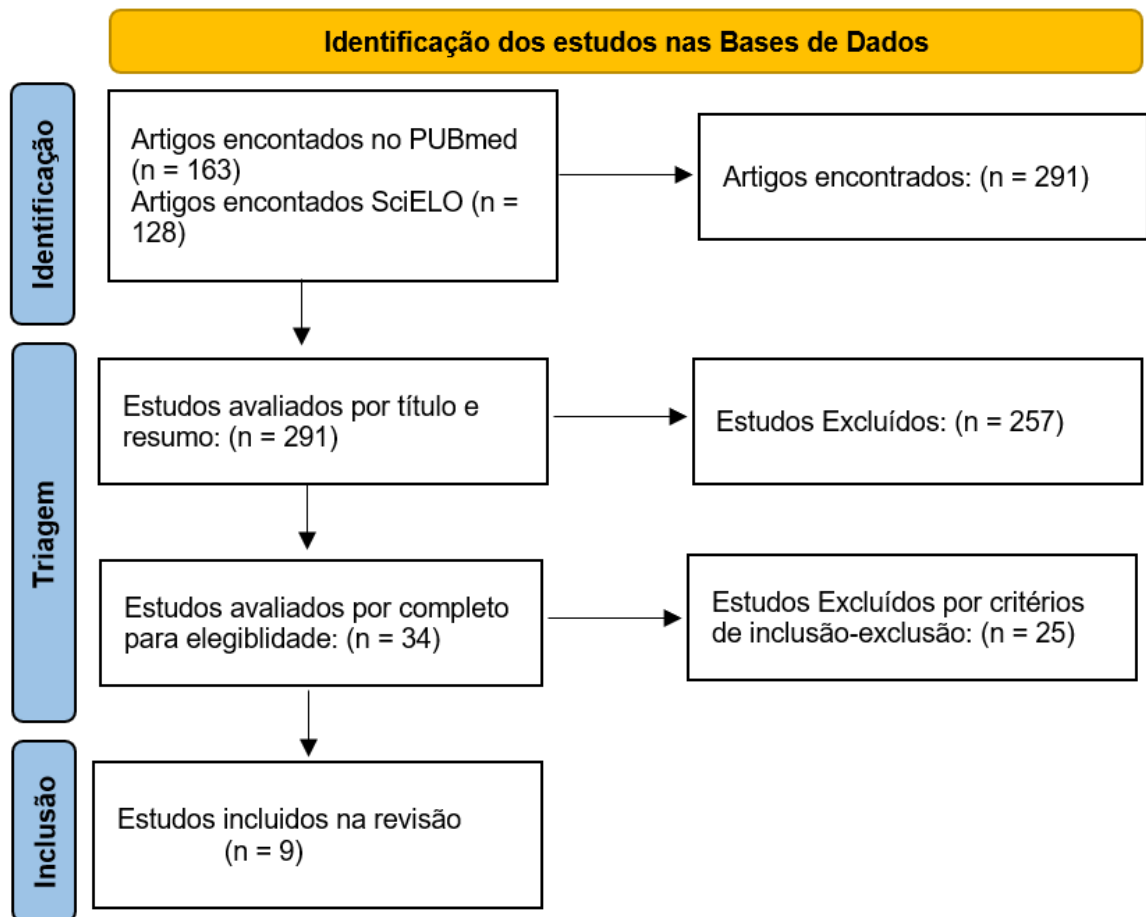


Figura 1- Fluxograma de representação do processo de seleção dos artigos a serem considerados nesta revisão.

Foram analisados um total de 314 indivíduos no somatório dos estudos. Os nove estudos avaliaram os efeitos da BFM na força, porém apenas 2 dois avaliaram hipertrofia. Três avaliaram efeitos no membro inferior, extensores de joelho e 6 avaliaram membros superiores, 5 bíceps braquial e 1 extensores do punho. A média da qualidade dos estudos foi de 6 pontos

na escala PEDro, sendo a pior avaliação 5 em 10 e a melhor 8 em 10. Apenas três estudos apresentaram qualidade razoável, os demais apresentaram boa qualidade. O recurso mais utilizado foi o Laser, presente em sete trabalhos, dois trabalhos utilizaram apenas LEDT e um utilizou os dois recursos. Quatro estudos investigaram o efeito da BFM na perda de força pós exercício e cinco avaliaram o efeito no aumento de força em conjunto com protocolos de fortalecimento. (Tabela 1)

Os parâmetros utilizados na BFM estão descritos na tabela 2. Os comprimentos de onda variaram entre 630 a 905 nanômetros. O modo de aplicação mais frequente foi o contínuo, presente em sete trabalhos e dois trabalhos realizaram a aplicação pulsada. A dosimetria utilizada variou de 4J a 360J. A quantidade de energia por ponto variou de 1J a 30J por ponto.

A mensuração de força foi avaliada de algumas formas: cinco trabalhos avaliaram por meio da contração isométrica voluntária máxima, quatro utilizaram células de carga e um utilizou o dinamômetro isocinético; dois estudos utilizaram o teste de uma repetição máxima (1RM); um estudo utilizou o pico de torque avaliado por meio do dinamômetro isocinético; um estudo avaliou por meio da contração voluntária máxima e do teste de 1RM (Tabela 3). A hipertrofia foi mensurada de duas formas, um estudo utilizou ultrassonografia e o outro perimetria. Foram utilizados diferentes protocolos de exercícios, quatro estudos utilizaram protocolo de fadiga e cinco protocolos de fortalecimento. A aplicação da PBM ocorreu em momentos diferentes nos estudos, 4 realizaram antes dos protocolos de exercícios, 3 realizaram após os protocolos de exercícios, 1 realizou durante o descanso das séries do protocolo de fadiga e um utilizou de várias formas, combinando antes e depois do protocolo. Em relação aos resultados apenas 3 estudos não apresentaram diferenças significativas a favor da PBM.

5. DISCUSSÃO

A discussão será dividida em três tópicos devido as diferentes características dos estudos.

5.1. Atuação da BFM na diminuição da perda de força após o exercício

Quatro trabalhos avaliaram a perda de força, o musculo avaliado nos trabalhos foi o mesmo, bíceps braquial, no entanto, os protocolos de fadiga utilizados foram diferentes. Também não houve um consenso nos parâmetros de BFM utilizada, cada estudo utilizou um recurso diferente com momentos de aplicação diferentes. Apenas dois trabalhos apresentaram desfechos positivos (BORGES et al., 2013; LARKIN-KAISER et al., 2015), os outros dois trabalhos não encontraram diferença significativa (FELISMINO et al., 2013; FROIO et al., 2017). Os estudos de BORGES et al., 2013; LARKIN-KAISER et al., 2015 utilizaram protocolos de fadiga maiores e com cargas mais altas quando comparado com os trabalhos de FELISMINO et al., 2013; FROIO et al., 2017.

Um dos motivos para o desfecho não favorável pode ser o protocolo de fadiga utilizado, é possível que os voluntários não tenham atingido um nível de fadiga suficiente no qual a BFM faria efeito, FROIO et al., 2017 realizou apenas uma série com 75% de 1RM. FELISMINO et al., 2013 aplicou o laser repetidas vezes durante o intervalo do protocolo de fadiga, utilizando uma dose de 4J por aplicação e uma dose total de 32J, o momento da aplicação é diferente do utilizado normalmente na literatura, usando aplicado antes do treinamento (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013), é possível que o momento possa ter influenciado nos resultados uma vez que a dose total foi parecida com o trabalho de BORGES et al., 2013.

Foram utilizadas duas formas de avaliação da perda de força muscular, três estudos avaliaram a contração isométrica voluntária máxima e um estudo utilizou o teste de 1RM. Apenas o estudo de LARKIN-KAISER et al., 2015 utilizou o dinamômetro isocinético, BORGES et al., 2013; FROIO et al., 2017 utilizaram células de carga.

5.2. Atuação da BFM na hipertrofia muscular

Apenas dois trabalhos inclusos na revisão avaliaram hipertrofia (BARONI et al., 2015; VANIN et al., 2016) A avaliação foi realizada por métodos diferentes, ultrassonografia e perimetria. Ambos avaliaram extensores de joelho. BARONI et al., 2015 utilizou um protocolo de fortalecimento excêntrico com o dinamômetro isocinético e VANIN et al., 2016 utilizou o Leg Press e a cadeira extensora. A dose utilizada pelos dois autores foi parecida, 240 e 180 J. O estudo de VANIN et al., 2016 realizou a aplicação da BFM de 3 maneiras, antes do treino, depois do treino e antes e depois do treino, a aplicação antes do treino obteve os melhores desfechos, no entanto, em relação a hipertrofia, não houve diferença significativa entre os grupos. BARONI et al., 2015 também utilizou a BFM antes do treino, houve um aumento significativo na espessura dos músculos quando comparado o grupo laser com o grupo treino, o método de avaliação utilizado foi a ultrassonografia, instrumento mais confiável que perimetria. VANIN et al., 2016 comenta que o método de avaliação utilizado (perimetria) não é o mais confiável, além disso, é possível que a gordura intramuscular tenha sido substituída por tecido muscular, desse modo não apresentando diferença na perimetria. No entanto, a hipertrofia é um processo complexo e multifatorial (SCHOENFELD et al., 2021), para uma melhor avaliação da influência da BFM nesse processo é necessário controlar outras variáveis, como ingestão de proteína e balanço energético.

5.3. Influência da BFM no ganho de força

Cinco artigos avaliaram a influência da BFM no ganho de força. um trabalho avaliou o musculo bíceps braquial (VIEIRA et al., 2017). Um avaliou os extensores de punho (FLORIANOVICZ et al., 2020). Os outros três avaliaram extensores de joelho (BARONI et al., 2015; VANIN et al., 2016; CUNHA et al., 2020). O momento da aplicação da BFM ocorreu predominantemente antes do treino, apenas no trabalho de VIEIRA et al., 2017, a aplicação foi realizada após o treino. Cada estudo utilizou um protocolo de treinamento diferente. A quantidade de energia utilizada também foi diferente entre os estudos, VIEIRA et al., 2017; FLORIANOVICZ et al., 2020 utilizaram menos energia, 28 J e 18.9 J respectivamente, os autores justificam um menor aporte de energia devido ao tamanho da

musculatura que foi avaliada. CUNHA et al., 2020, também utilizou uma quantidade pequena de energia 36J, principalmente quando comparado aos trabalhos de BARONI et al., 2015; VANIN et al., 2016, que avaliaram a mesma musculatura. Em quatro dos cinco trabalhos avaliados, houve um aumento significativo da força quando comparado o grupo laser e o controle. No trabalho de VIEIRA et al., 2017 não houve diferença significativa entre os grupos quando comparado o início com final do protocolo de treinamento, no entanto, o grupo que utilizou LEDT parece ter atingido valores mais altos de 1RM mais rápido que o controle. Uma das possíveis explicações para a falta de resultado positivo, é o momento da aplicação da PBM, o trabalho de VANIN et al., 2016 investigou o melhor momento para a aplicação, encontrando melhores resultados para força quando aplicado antes do treino. O efeito da BFM no trabalho de CUNHA et al., 2020 também foi pequeno, no membro dominante o grupo laser apresentou uma pequena diferença em relação ao controle, porém não significativa e no membro não dominante houve uma melhora significativa em relação ao controle. Uma das possíveis explicações para esse efeito pequeno é a quantidade de energia utilizada.

O estudo de FLORIANOVICZ et al., 2020 avaliou dois comprimentos de onda diferentes, 660 e 830 nm, encontrados resultados melhores quando utilizado 660 nm, no entanto foi utilizado o método de oclusão vascular durante os treinamentos, o que pode ser um fator de confusão na interpretação do resultado, uma vez que outros trabalhos utilizaram outros comprimento de onda e também obtiveram resultados positivos. No entanto, quatro dos nove trabalhos avaliados utilizaram esse comprimento de onda, três tiveram resultados positivos, com exceção apenas do estudo de VIEIRA et al., 2017. Porém, apenas dois trabalhos utilizaram apenas 660, os outros dois combinaram dois ou três tipos de comprimento de onda. Cinco trabalhos utilizaram apenas comprimentos de onda acima de 808 nm, dois sem diferença significativa, dois com efeitos pequenos e apenas um com efeito positivo significativo. Dito isso, é possível que o comprimento de onda influencie diretamente nos resultados, no entanto, outros fatores como a quantidade de energia entregue e momento de aplicação também devem ser levados em conta. O estudo de VANIN et al., 2016 utilizou a BFM em vários momentos, encontrando o melhor momento antes do treinamento, corroborando com achados anteriores (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013). Além disso, quando a BFM foi realizada antes e depois do treino o efeito foi parecido quando não realizado, ou seja, parece que entregar energia demais não apresenta efeito positivo, o que pode justificar o efeito pequeno no trabalho de VIEIRA et al., 2017.

A forma da avaliação de força muscular também variou entre os estudos, apenas dois trabalhos, BARONI et al., 2015; e VANIN et al., 2016, utilizaram o instrumento de avaliação de força padrão ouro, o dinamômetro isocinético (MENTIPLAY et al., 2015). Dois utilizaram dinamômetros manuais, CUNHA et al., 2020; e FLORIANOVICZ et al., 2020, já VIEIRA et al., 2017 utilizou apenas o teste de 1RM. A forma da avaliação pode influenciar no resultado uma vez que instrumento menos sensíveis, talvez não detectem mudanças pequenas.

6. CONCLUSÃO

Essa revisão identificou nove estudos que investigaram a influência da biofotomodulação da força muscular, quatro investigaram a influência da BFM na perda de força após exercício, cinco investigaram a influência da BFM no ganho de força muscular e dois investigaram influência da BFM na hipertrofia muscular. Em relação a força muscular o uso da BFM se mostrou positivo, mitigando a perda de força pós exercício, em relação ao aumento de força também houve um efeito positivo na maioria dos estudos. Para a hipertrofia muscular, a BFM parece ser efetiva, no entanto, há uma carência na literatura sobre seus efeitos para esse desfecho. No entanto, há uma heterogeneidade nos estudos, não houve um consenso sobre a forma de realização da biofotomodulação.

Contudo, algumas variáveis parecem apresentar um desfecho melhor. O momento de aplicação parece proporcionar melhores resultados quando realizado antes do protocolo de exercícios. A quantidade de energia entregue deve ser compatível com o tamanho da musculatura, músculos maiores demandam mais energia, mas, há um limite para a estimulação, doses elevadas de energia parecem não ter efeito positivo, bem como, pequenas doses. Além disso, o comprimento de onda vermelho parece ter uma melhor resposta, no entanto, também foram encontradas respostas positivas com o comprimento perto do infravermelho. Instrumentos que combinam os dois comprimentos de onda podem ser uma boa opção na hora da escolha do instrumento.

Dito isso, é clara a influência positiva da BFM na força muscular e provavelmente na hipertrofia muscular, podendo ser utilizada como um recurso válido no processo de reabilitação, prevenção e treinamento. No entanto, são necessários mais estudos de qualidade para uma melhor definição de parâmetros e protocolos de aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BARONI, B. M. et al. Effect of low-level laser therapy on muscle adaptation to knee extensor eccentric training. *European Journal of Applied Physiology*, v. 115, n. 3, p. 639–647, 23 mar. 2015.
- BJORDAL, J. M. et al. The anti-inflammatory mechanism of low level laser therapy and its relevance for clinical use in physiotherapy. *Physical Therapy Reviews*, v. 15, n. 4, p. 286–293, 19 ago. 2010.
- BORGES, L. S. et al. Light-emitting diode phototherapy improves muscle recovery after a damaging exercise. *Lasers in Medical Science*, 21 nov. 2013.
- BORSA, P. A.; LARKIN, K. A.; TRUE, J. M. Does Phototherapy Enhance Skeletal Muscle Contractile Function and Postexercise Recovery? A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*, v. 48, n. 1, p. 57–67, 1 jan. 2013.
- CASHIN, A. G.; MCAULEY, J. H. Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *Journal of Physiotherapy*, v. 66, n. 1, p. 59, jan. 2020.
- CUNHA, R. A. et al. Photobiomodulation therapy and NMES improve muscle strength and jumping performance in young volleyball athletes: a randomized controlled trial study in Brazil. *Lasers in Medical Science*, v. 35, n. 3, p. 621–631, 11 abr. 2020.
- FELISMINO, A. S. et al. Effect of low-level laser therapy (808 nm) on markers of muscle damage: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Lasers in Medical Science*, 5 set. 2013.
- 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 & Lasers in Medicine*, v. 1, n. 4, 1 jan. 2012a.
- 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 & lasers in medicine*, v. 1, n. 4, p. 267–286, 1 nov. 2012b.
- FERRARESI, C.; HUANG, Y.-Y.; HAMBLIN, M. R. Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance? *Journal of biophotonics*, v. 9, n. 11–12, p. 1273–1299, 2016.
- FLORIANOVICZ, V. C. et al. Effects of Photobiomodulation Therapy and Restriction of Wrist Extensor Blood Flow on Grip: Randomized Clinical Trial. *Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery*, v. 38, n. 12, p. 743–749, 1 dez. 2020.
- FROIO, J. L. et al. Efeito agudo do laser de baixa potência na fadiga do bíceps braquial de atletas de voleibol. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 23, n. 6, p. 431–435, 1 nov. 2017.
- FULOP, A. M. et al. A Meta-analysis of the Efficacy of Phototherapy in Tissue Repair. *Photomedicine and Laser Surgery*, v. 27, n. 5, p. 695–702, out. 2009.

- FULOP, A. M. et al. A Meta-analysis of the Efficacy of Laser Phototherapy on Pain Relief. *The Clinical Journal of Pain*, v. 26, n. 8, p. 729–736, out. 2010.
- HUANG, Y.-Y. et al. Biphasic dose response in low level light therapy - an update. *Dose-response : a publication of International Hormesis Society*, v. 9, n. 4, p. 602–18, 2011.
- LARKIN-KAISER, K. A. et al. Near-Infrared Light Therapy to Attenuate Strength Loss After Strenuous Resistance Exercise. *Journal of Athletic Training*, v. 50, n. 1, p. 45–50, 1 jan. 2015.
- LIBERATI, A. et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Journal of clinical epidemiology*, v. 62, n. 10, p. e1-34, out. 2009.
- LIN, F. et al. Lasers, stem cells, and COPD. *Journal of translational medicine*, v. 8, p. 16, 16 fev. 2010.
- MAHER, C. G. et al. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical therapy*, v. 83, n. 8, p. 713–21, ago. 2003.
- MENTIPLAY, B. F. et al. Assessment of Lower Limb Muscle Strength and Power Using Hand-Held and Fixed Dynamometry: A Reliability and Validity Study. *PloS one*, v. 10, n. 10, p. e0140822, 2015.
- SCHOENFELD, B. et al. Resistance Training Recommendations to Maximize Muscle Hypertrophy in an Athletic Population: Position Stand of the IUSCA. *International Journal of Strength and Conditioning*, v. 1, n. 1, 16 ago. 2021.
- SHIWA, S. R. et al. Reproducibility of the Portuguese version of the PEDro Scale. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 27, n. 10, p. 2063–2068, out. 2011.
- VANIN, A. A. et al. What is the best moment to apply phototherapy when associated to a strength training program? A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lasers in Medical Science*, v. 31, n. 8, p. 1555–1564, 1 nov. 2016.
- VIEIRA, K. V. S. G. et al. Effects of Light-Emitting Diode Therapy on the Performance of Biceps Brachii Muscle of Young Healthy Males After 8 Weeks of Strength Training: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 33, n. 2, p. 433–442, fev. 2017.
- WESTCOTT, W. L. Resistance Training is Medicine. *Current Sports Medicine Reports*, v. 11, n. 4, p. 209–216, 2012.

ANEXOS:

Tabela 1. Características gerais dos estudos selecionados para análise.

Autor, ano	Amostra e grupos	Nota PEDro	Músculo avaliado	Instrumento Utilizado	Desfecho avaliado
Borges et al., 2013	N = 17 HJ GP = 9 G. Ledt = 8	6	Bíceps Braquial	LEDT – BIOS therapy II	Perda de força - Força muscular isométrica antes, 24, 48, 72 e 96hrs
Felismino et al., 2013	N = 22 HFA GP = 11, GL = 11	6	Bíceps Braquial	LASER - Photon Laser Apparatus III (DMC® Equipment, São Carlos, SP, Brazil)	Perda de força - avaliação via 1RM antes, imediatamente depois, 24, 48 e 72h depois.
Baroni et al., 2015	N = 30 GC = 10, GT = 10, GTL = 10	5	Extensores de joelho (Vasto medial, vasto lateral e reto femoral)	LASER - DD2 control unit (Thor Photomedicine Ltd., UK)	Força e Hipertrofia – avaliação antes e após 8 semanas de protocolo de treinamento excêntrico via pico de torque no dinamômetro isocinético e ultrassom
Larkin-Kaiser et al., 2015	N = 39 (21 H e 18 M) Crossover	5	Bíceps Braquial	LASER - model K-Laser kl6d; Laser Therapy Products, LLC, Franklin, TN)	Perda de força - Contração Isométrica Voluntária Máxima via dinamômetro isocinético - avaliado antes, depois e 48h após
Vanin et al., 2016	N = 48 H GPP =12 GPL = 12 GLP = 12 GLL = 12	8	Extensores de joelho (Vasto medial, vasto lateral e reto femoral)	LASER - MR4 Laser Therapy System with LaserShower 50 4D cluster emitters	Ganho de força e Hipertrofia - Perimetria, máxima contração voluntária (dinamometria isocinética) e 1RM avaliados no primeiro dia, 4, 8 e 12 semanas
Vieira et al., 2017	N = 45HJ GC = 15 GTP = 15 GTL = 15	6	Bíceps Braquial	LEDT - Cluster DMC Equipment Ltda	Ganho de Força - 1RM pré intervenção e após 8 semanas
Froio et al., 2017	N = 19 H e M GL = 10 GP = 9	5	Bíceps Braquial	LASER - AsGaAl (808nm; Photon Lase III; DMC®, São Carlos, SP, Brasil).	Perda de força - Contração Isométrica Voluntária Máxima pré e pós
Cunha et al., 2020	N = 36 AVM GC = 12 GL = 12 GNMES = 12	7	Extensores de joelho (Vasto medial, vasto lateral e reto femoral)	LASER- Thorlabs® thermal power meter (Model S322C, Thorlabs®, Newton-NJ, USA)	Ganho de Força - Contração Isométrica Voluntária Máxima - membro dominante e não dominante. Avaliação pre, pós, 6 e 8 semanas após com Dinamometro Manual
Florianovicz et al., 2020	N = 58 MJ, GC = 14 GOV = 15 GOV8 = 15 GOV6 = 14	6	Extensores do punho - extensor radial do carpo, extensor ulnar do carpo e extensor dos dedos.	LASER - Laserpulse equipment (Ibamed Medical Equipment, Amparo, SP, Brazil; Class III device)	Ganho de Força - extensão de punho com célula de carga e teste pressão palmar com dinamômetro – antes e após e protocolo

Legenda: H – Homem, M – Mulher, N – total da amostra, HJ – Homens Jovens; HFA – Homens fisicamente ativos; GP – Grupo Placebo; GC - Grupo Controle; GT – Grupo Treino; GTL – Grupo treino e laser; GPP – Grupo Placebo-placebo; GPL – Grupo Placebo-Laser; GLP – Grupo Placebo-Laser; GLL – Grupo Laser-laser; GTP; Grupo Treino-placebo; GTL: Grupo Treino-laser; AVM – Atletas de vôlei masculino; GNMES – Grupo Estimulação Neuromuscular; MJ – Mulheres jovens; GOV – Grupo oclusão vascular; GOV8 - Grupo oclusão vascular e laser 830; GOV6 - Grupo oclusão vascular e laser 660.

Tabela 2. Características dos recursos de BFM utilizados:

Autor e Ano:	Tipo de PBM:	Comprimento de onda (nm)	Saída de Potencia	Densidade de Potencia	Densidade de Energia	Pontos de aplicação	Energia por ponto	Tempo de tratamento	Frequência e modo	Energia total
Borges et al., 2013	Diodo único de LED	630	300 mW	NI	5,1 J/cm ²	4	9J	30s por ponto	Contínuo	36.1 J
Felismino et al., 2013	Diodo único de Laser	808	100 mW	35.71 W/cm ²	357.14 J/cm ²	4	1 J	10s por ponto	Contínuo	4 J
Baroni et al., 2015	Multidiodo de Laser	5D - 810	200 mW	NI	NI	8	(6 J cada) 30 J	30s por ponto	Contínuo	240 J
Larkin-Kaiser et al., 2015	Laser	800 970	3 W	NI	NI	15	NI	4 min	50% duty cycle 1.5W	360 J
Vanin et al., 2016	Cluster com 12 diodos de Laser SP e LED	4D - 905 4D - 640 4D - 875	1,25 mW 60mW 70 mW	2,84 mW 66,64 mW/cm ² 77,76 mW/cm ²	0,648 J/cm ² 15,2 J/cm ² 17,72 J/cm ²	6	0.285 J 13.68 J 15.96 J 30J total	228s total	250hz 2Hz 16 Hz	180 J
Vieira et al., 2017	Multidiodo de LED	7D - 660 7D - 850	100 mW/diodo	2W/cm ²	40 J/cm ² por diodo	1	4 J por diodo	40s	Contínuo	28 J
Froio et al., 2017	Laser	808	100 mW	NI	250 J/cm ²	6	7J por ponto	70s por ponto	Contínuo	56J
Cunha et al., 2020	Cluster Multidiodo de Laser	3D - 850	50 mw por diodo 150 mw total	NI	0.8 J/cm ² por ponto	NI	NI	40s	Contínuo	36J
Florianovicz et al., 2020	Laser Diodo	660 830	35 mw 32 mw	700 mW/cm ² 316.8 mW/cm ²	42 J/cm ² 19 J/cm ²	9	2.10 J 1.92 J	60s	Contínuo	18.9J 17.2 J

Legenda: NI: Não informado; D: Diodo

Tabela 3. Protocolos, desfechos e resultados avaliados:

Autor e Ano:	Desfechos avaliados:	Protocolo de exercício:	Momento da realização da BFM:	Frequência de treino:	Resultados:
Borges et al., 2013	Perda de força: MVIC - Célula de carga Av: BL, 24, 48, 72 e 96hrs	Fadiga: 30 contrações excêntricas com 4 a 5s de duração com 45s de intervalo - Banco Scott	Imediatamente após o protocolo de fadiga	NA	Menor perda de força no grupo LEDT em relação ao placebo (23% x 42%) após 24h. Efeito significativo para o grupo e para tempo ($p < 0.05$)
Felismino et al., 2013	Perda de força: 1RM Av: BL, ID, 24, 48 e 72h após	Fadiga: 10 series de 10 repetições com 50% de 1RM com 2 min de intervalo – Flexão de cotovelo (Rosca)	Aplicação entre as series realizadas	NA	Sem diferenças significativas entre os grupos.
Baroni et al., 2015	Força: Pico de Torque - Dinamômetro Isocinético Hipertrofia: Ultrassonografia Av: BL e após 8 sem	Fortalecimento excêntrico: utilizando dinamômetro isocinético 3 a 4 séries de 10 reps máximas de contração excêntrica. 1 min de descanso entre as séries – Extensão de Joelho	Imediatamente antes	2x por sem durante 8 sem	O grupo treino + laser apresentou aumento significativo ($p < 0.05$) nas seguintes variáveis em relação ao controle e somente treinamento: (Controle x treinamento x treinamento + laser) Hipertrofia: -0.3% x 9.4% x 15.4% PT concêntrico: 1.6% x 10.7% x 14.2% PT excêntrico: 1.2% x 13.7% x 20.5% PT isométrico: 3.4% x 20.0% x 32.3%
Larkin-Kaiser et al., 2015	Perda de força: MVIC - Dinamômetro Isocinético Av: BL, ID e 48h após	Fadiga: 3x20 reps máximas concêntricas e excêntricas utilizando dinamômetro isocinético – flexão de cotovelo	Imediatamente antes	NA	O grupo laser apresentou um menor declínio da MVIC em relação ao grupo placebo (56.5 x 60.8) ($p < 0.05$). Não houve diferença significativa após 48 hrs.
Vanin et al., 2016	Força: MVC - Dinamômetro Isocinético e 1 RM Hipertrofia: Perimetria Av: BL, 4, 8 e 12 sem	Fortalecimento: 5x10 reps com 80% 1RM com 2 min de descanso – Leg Press e cadeira extensora	Imediatamente antes e imediatamente após	2x sem durante 12 sem	Não houve diferença significativa entre os grupos para perimetria. O grupo BFM pré apresentou aumento significativo ($p < 0.05$) em relação aos outros no MVC e teste de RM em relação aos outros. Não houve diferença significativa entre os outros grupos.
Vieira et al., 2017	Força: 1RM Av: BL e após 8 sem	Fortalecimento: 2x falha 2 min de descanso no Banco Scott Sem 1-2 60% 1RM Sem 3-4 65% 1RM Sem 5-6 70% 1RM Sem 7-8 75% 1RM	Imediatamente após o treino	2x sem durante 8 sem	Não houve diferença significativa no teste de 1RM entre o grupo LEDT e o placebo ($p < 0.001$). Ambos apresentaram aumento significativo em relação ao grupo controle. O aumento de RM parece ter acontecido de forma mais rápida no grupo LEDT em relação ao controle.

Froio et al., 2017	Perda de força – MVIC - Célula de carga Av: BL e ID	Fadiga: 1 série até a falha utilizando 75% de 1RM de flexão de cotovelo	Imediatamente após o protocolo	NA	Não houve diferença significativa entre os grupos.
Cunha et al., 2020	Ganho de Força: MVIC - Dinamômetro Manual Av: BL, 6 e 8 sem após	Fortalecimento: Cadeira extensora - 10 reps de MVIC com 10 s de contração e 30 s de descanso entre as reps. 5x 10 reps de salto vertical máximo	Imediatamente antes	3x por sem durante 6 sem	Membro dominante - O grupo laser apresentou uma pequena diferença em relação ao controle, porém sem diferença significativa. Membro não dominante – O grupo laser apresentou melhora significativa em relação grupo controle ($p < 0.05$)
Florianovicz et al., 2020	Ganho de Força: MVIC - Célula de carga e dinamômetro de pressão palmar Av: BL e ID	Fortalecimento: 10x6 reps com 3s de descanso entre as reps a 40% de 1RM com 1 min de descanso - utilizando método de oclusão vascular – Extensão de punho	Imediatamente antes	2x por sem durante 4 sem	Aumento significativo da força de pressão palmar ($p < 0.05$) nos grupos 660 e 830, sendo maior em 660. Aumento significativo da força de extensão do punho pro grupo 660 em relação ao controle ($p < 0.05$) 830 sem diferença significativa.

Legenda: MVIC: Contração Isométrica Voluntária Máxima; Av: Avaliação; BL: baseline, avaliação inicial; ID: imediatamente depois; NA: não se aplica; LEDT: diodo emissor de luz; 1RM: uma repetição máxima; MVC: Contração voluntária máxima.