

ARTIGO ORIGINAL

Fototerapia melhora endurance muscular em pacientes no pós-operatório tardio de reconstrução do ligamento cruzado anterior: estudo clínico randomizado cruzado duplo-cego

Phototherapy Improves Muscle Endurance In Patients In The Late Postoperative Of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Double-Blind Cross-Randomized Clinical Study

Luan Veleda de Oliveira¹, Matheus Machado Rodrigues¹, Daniel Cirillo Borges Junior¹,
Matheus Teixeira Cabreira¹, Gheremias Marques Brendler Keller¹, João Inácio Santos Galhart¹,
Fabiano Moraes Miguel¹, Vitor Scotta Hentschke¹

¹Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Cachoeira do Sul, RS, Brasil

Recebido: 2 de outubro de 2023; Aceito em: 8 de março de 2024.

Correspondência: Luan Veleda de Oliveira, luanveleda@hotmail.com

Como citar

Oliveira LV, Rodrigues MM, Junior BDC, Cabreira MT, Keller GMB, Galhart JIS, Miguel FM, Hentschke VC. Fototerapia melhora endurance muscular em pacientes no pós-operatório tardio de reconstrução do ligamento cruzado anterior: estudo clínico randomizado cruzado duplo-cego. Fisioter Bras. 2024;25(1):1129-1144. doi: [10.62827/fb.v25i1.4112](https://doi.org/10.62827/fb.v25i1.4112)

Resumo

Objetivo: Avaliou-se os efeitos agudos da fototerapia na Endurance muscular em pacientes no pós-operatório tardio de reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA). **Métodos:** Dez indivíduos foram randomizados em grupo controle (GC) e grupo fototerapia (GF). O primeiro grupo recebeu fototerapia em seis pontos dos músculos do quadríceps femoral bilateralmente na primeira sessão e placebo na segunda, enquanto o segundo grupo foi submetido ao oposto. Os participantes foram avaliados pelo teste de endurance, Star Excursion Balance Test (SEBT) modificado, análise de creatina kinase (CK) escala de esforço percebido de BORG e teste de 1 repetição máxima (1RM). Para análise estatística foram utilizados o teste T de Student para variáveis quantitativas e a ANOVA de duas vias para comparação entre os grupos pré e pós placebo ou fototerapia. **Resultados:** Houve

aumento no número de repetições máxima (GF: $16,50 \pm 3,74$ vs. GC: $12,22 \pm 4,02$; $p < 0,05$). Não foi observado aumento no tempo placebo (GF: $23,03 \pm 5,45$ vs. GC: $20,44 \pm 3,81$; $p > 0,05$) e no SEBT (GF: $100,63 \pm 8,19$ vs. GC: $101,38 \pm 3,58$; $p > 0,05$). A análise de CK também não apresentou melhores resultados (GFpré: $206,38 \pm 103,22$ e GFpós: $210,00 \pm 101,50$ vs. GCpré: $428,89 \pm 303,11$ e GCpós: $428,89 \pm 297,83$; $p > 0,05$). **Conclusão:** Esses achados indicam que a fototerapia é capaz de melhorar a endurance nesse população.

Palavras-chave: traumatismos do joelho; resistência física; terapia com luz de baixa intensidade; creatina quinase.

Abstract

Objective: We evaluated the acute effects of phototherapy on muscle endurance in patients in the late postoperative period of anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. **Methods:** Ten individuals were randomized into a control group (CG) and a phototherapy group (GF). The first group received phototherapy in six points of the quadriceps femoris muscles bilaterally in the first session and placebo in the second, while the second group was submitted to the opposite. Participants were evaluated by endurance test, modified Star Excursion Balance Test (SEBT), creatine kinase (CK) analysis, BORG perceived exertion scale, and 1 repetition maximum test (1RM). For statistical analysis, Student's t test was used for quantitative variables and two-way ANOVA for comparison between pre and post placebo or phototherapy groups. **Results:** There was an increase in the number of maximum repetitions (GF: 16.50 ± 3.74 vs. GC: 12.22 ± 4.02 ; $p < 0.05$). No increase was observed in placebo time (GF: 23.03 ± 5.45 vs. GC: 20.44 ± 3.81 ; $p > 0.05$) and in SEBT (GF: 100.63 ± 8.19 vs. GC: 101.38 ± 3.58 ; $p > 0.05$). CK analysis also did not show better results (GFpre: 206.38 ± 103.22 and GFpost: 210.00 ± 101.50 vs. GCpre: 428.89 ± 303.11 and GCpost: 428.89 ± 297.83 ; $p > 0.05$). **Conclusion:** These findings indicate that phototherapy is capable of improving endurance in this population.

Keywords: knee injuries; physical endurance; low-level light therapy; creatine kinase.

Introdução

A ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA) está entre as lesões mais estudadas na literatura ortopédica. Estima-se que a mesma represente mais de 50% das lesões nos joelhos com custos diretos e indiretos superiores a US\$ 7 bilhões anualmente [1,2]. Trata-se de uma lesão comum e debilitante com uma incidência anual de 0.15–3.67% entre atletas [3]. Em caso de ruptura, a intervenção cirúrgica é descrita como padrão ouro [4] e deve ser acompanhada de um programa de reabilitação baseado em

evidências que busca restaurar a função do joelho e otimizar qualidade de vida ao longo prazo [5].

A fraqueza muscular do músculo quadríceps após a cirurgia, chamada inibição muscular artrogênica, é um comprometimento comum em indivíduos que sofrem uma lesão do ligamento cruzado anterior, causando diminuição da ativação muscular e que, dessa forma, prejudica a força muscular. [6]. Ao mesmo tempo, a literatura recente estima que cerca de 30% dos pacientes que passam pela

cirurgia de LCA não retornam aos níveis de força próximos do normal [7].

A fototerapia tem sido principalmente utilizada no controle da dor e no reparo tecidual, porém se demonstrou recentemente que a mesma possui efeitos benéficos no que toca exercícios de força muscular [8] e no atraso de desenvolvimento da fadiga muscular, influenciando na performance muscular [9] e, portanto, sendo considerada um complemento ao tratamento associado aos exercícios físicos [10].

Outros ensaios clínicos randomizados buscaram descobrir as repercussões da fototerapia utilizada antes do exercício e na recuperação pós-exercício – através da análise de marcadores

bioquímicos, como a Creatina Kinase (CK) [11,12] e performance em atletas [13]. Entretanto, esses estudos não utilizaram dessa terapia como possível ferramenta na reabilitação de indivíduos com ruptura de LCA para esses desfechos.

Diante do exposto, entendendo a relevância da ruptura de LCA na parcela da sociedade praticante de esportes profissionais ou amadores e buscando ampliar a gama de terapias para essa lesão, estimulou-se a realização desse estudo que objetiva analisar a efetividade da fototerapia endurance muscular do quadríceps femoral em pacientes no pós-operatório tardio de reconstrução do LCA e posteriormente quantificar a influência da mesma na determinação de CK.

Métodos

Desenho do estudo e aspectos éticos

Trata-se de um ensaio clínico randomizado cruzado duplo-cego. Os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) – Canoas (Parecer: 5.327.094) e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O estudo foi registrado pelo Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (REBEC) - RBR-93v2w7b em <https://ensaiosclinicos.gov.br/rg/RBR-93v2w7b> e seguiu as recomendações do CONSORT - Consolidated Standards of Reporting Trials (www.consort-statement.org).

Crítérios de inclusão e exclusão

Participaram do estudo indivíduos do sexo masculino, com idades entre 18 e 60 anos e que tenham sido submetidos a cirurgia de reconstrução de LCA a pelo menos 1 ano. Os critérios de exclusão considerados para retirar os participantes do estudo foram faltar no dia das avaliações ou lesões

musculoesqueléticas que impossibilitassem a capacidade de andar de forma independente durante o período do cruzamento.

Local de estudo

O estudo foi realizado entre outubro e novembro de 2022 na Academia Oxygen - Rua Virgílio de Abreu, 970 · Bairro Santo Antônio · CEP 96.506-321 · Cachoeira do Sul/RS.

Desenho do estudo

Primeiramente foi realizada a solicitação verbal aos indivíduos que se adequassem aos critérios de inclusão e manifestassem interesse em participar voluntariamente da pesquisa, através da assinatura do TCLE. Os indivíduos foram randomizados em dois grupos: grupo controle (GC) e grupo fototerapia (GF). Posterior a isso, foi realizada uma triagem contendo dados sociodemográficos, hábitos de vida, atividade física, tipo de enxerto, perna da cirurgia de reconstrução de LCA e avaliação

antropométrica, a qual constou peso (kg), mensurado através de uma balança antropométrica (OMRON® HBF-214), estatura (m) com uma fita antropométrica de 1,5 m e índice de massa corporal (IMC).

No período de avaliações, foi realizado inicialmente o teste de 1 repetição máxima (1RM) na cadeira extensora (FLEXORA E EXTENSORA GRUPO INDEX FITNESS® - Largura 40 cm de base e 62cm de utilização, Comprimento total 150 cm e Altura 70 cm) para avaliação da força muscular do quadríceps femoral. Após o período de 48 horas, os sujeitos foram submetidos à aplicação perpendicular à pele do LED com dose de 6 J por ponto durante 120 s de aplicação. A aplicação foi realizada em seis pontos dos músculos do quadríceps femoral com os participantes vendados com óculos de proteção. Em seguida, foram realizados os testes de Endurance e Star Excursion Balance Test (SEBT) modificado. As coletas de sangue para análise de CK foram realizadas pré e pós-exercício, sendo as análises realizadas em laboratório médico especializado.

Após 7 dias os procedimentos foram repetidos, ambos no mesmo horário. O primeiro grupo recebeu fototerapia na primeira sessão e placebo na segunda sessão, e o segundo grupo foi submetido ao oposto. A aplicação do placebo foi realizada com a energia do equipamento desligada. Todas as aplicações foram realizadas por avaliadores treinados e cegados.

Escala de Esforço Percebido – Borg CR-10 (1990)

A escala apresenta descritores numéricos e ilustrações, que facilitam sua compreensão. Os valores variam de 0 (nada), 0,5 (extremamente fraco/leve), 1 (muito fraco/leve), 2 (fraco), 3 e 4 (moderado), 5 e 6 (forte/intenso), 7 (muito forte/intenso), 8, 9 e 10 (extremamente forte) [14]. A escala foi aplicada antes e depois da realização

dos testes buscando avaliar o índice de fadiga nas pernas dos participantes do estudo.

Teste De Força Muscular De 1RM

Para realizar o teste de 1RM, os participantes foram instruídos a evitarem atividades fatigantes por 48 horas antes do teste. Os indivíduos realizaram um aquecimento de 5 minutos em uma bicicleta ergométrica (BICICLETA SPINNING GRUPO INDEX FITNESS® - N0202234) previamente ao teste em intensidade autosselecionada, suficiente para provocar sudorese leve. Seguidamente, os mesmos realizaram uma familiarização ao equipamento, executando uma série de 10 repetições com uma das pernas e utilizando como carga cerca de 25% do IMC – peso/altura². Um período de 120 segundos foi respeitado entre a familiarização e o teste em si.

Para realizar as repetições, os participantes deviam estar sentados, com os joelhos e pés afastados na largura do quadril e a almofada do braço da alavanca o mais distal possível na tíbia sem estar na linha articular anterior do tornozelo. Os joelhos ficavam em flexão de 90° conforme determinado por goniometria, mãos segurando alças adjacentes aos quadris, coluna lombossacra em contato firme com o encosto e o membro não utilizado em posição relaxada e flexionada longe do caminho do braço de alavanca. Os participantes foram instruídos sobre realizar as repetições rigorosamente conforme a técnica do exercício e com amplitude de movimento saindo da posição de flexão até a máxima extensão possível – observada no período de familiarização de cada participante.

A primeira tentativa utilizava a carga de 30% do IMC. Caso o participante realiza-se a repetição única de maneira correta, era respeitado um período de descanso de 120 segundos e adicionada uma carga de cerca de 20% do IMC, e assim

sucessivamente até a falha. Após o período de descanso, a carga da última repetição correta era utilizada e o 1RM era estabelecido com incrementos de 1,8 kg de carga. Os participantes receberam forte incentivo verbal (“Um, dois, três e agora! Força! Força! Força! Relaxa!”) durante a execução. Após definir o peso de 1RM, o processo era repetido com a perna contrária.

A falha de tentativa foi definida como perda de técnica rígida ou fraude percebida, incapacidade de atingir a amplitude de movimento necessária ou risco de lesão percebido. Os ensaios eram encerrados caso os participantes relataram qualquer início de dor aguda [15].

Teste de Endurance

O teste de Endurance foi utilizado para avaliar o número de repetições submáximas de extensão do joelho que os participantes conseguem realizar. Foi realizado somente no membro operado – caso os dois membros do paciente fossem operados, o teste era realizado no lado com maior tempo de cirurgia. Após o período de 180 segundos da coleta de sangue da linha de base os participantes foram instruídos a se posicionarem na cadeira extensora, onde os mesmos realizaram o máximo de repetições possíveis até a fadiga na perna operada utilizando 75% do 1RM avaliado anteriormente. Um primeiro avaliador contou as repetições, enquanto um segundo observador foi responsável por cronometrar o tempo e realizar comandos de incentivo verbal. Os participantes foram instruídos a não realizarem atividades fatigantes previamente ao dia do teste [13].

Star Excursion Balance Test modificado

Para a realização do teste foram necessários fita métrica, fita adesiva e goniômetro. Os participantes deveriam permanecer no meio de uma grade de fitas posicionada em ângulos de 45°,

que ao invés de ser projetada em oito direções, foi condensada em uma versão que coloca apenas as direções anterior, pósterolateral e pósteromedial. Os indivíduos então, descalços ou com meias, em apoio unipodal e mantendo as mãos nos quadris, realizaram um esforço com o outro membro para alcançar o mais longe possível ao longo de cada fita métrica, tocar levemente na fita métrica com a parte mais distal do pé que alcança, sem deslocar o peso ou parar no pé do membro que alcança e retornar à posição inicial no ápice da grade, retomando uma postura bilateral estável. Para a direção anterior, os sujeitos posicionaram o pé de apoio com os dedos na linha 0 na direção anterior e para as direções pósteromedial e pósterolateral, o calcanhar foi posicionado na linha 0 na posição anterior. Caso os participantes tocassem fortemente ou parassem no ponto de toque, tivessem que fazer contato com o solo com o pé de alcance para manter o equilíbrio, ou levantassem ou deslocassem qualquer parte do pé do membro de apoio durante o ensaio, a tentativa era considerada inválida. Após a explicação do teste aos participantes, foram realizadas quatro repetições para cada direção como prática e após um descanso de 5 minutos, três tentativas válidas para cada direção onde a maior foi utilizada. Os resultados foram transpostos em porcentagem através do cálculo da soma dos resultados em cada direção no membro operado/soma dos resultados em cada direção no membro não operado x 100 [16-18]. O teste foi realizado imediatamente a coleta de sangue pós-exercício, sendo o último teste a ser cumprido.

Coleta de sangue

A coleta de sangue foi realizada no início das avaliações e 5 minutos após o teste de Endurance. Os indivíduos realizaram exercícios de alongamento muscular bilateral dos isquiotibiais e quadríceps

femoral previamente a coleta - 2 repetições de 60 segundos para cada. Foram coletados 10 ml de sangue intravenoso utilizando uma seringa descartável de 10 ml e agulha de 0,8 mm. Após a coleta, o sangue foi armazenado em um tubo seco com acelerador de coágulo de tampa vermelha. Em seguida, o mesmo foi centrifugado a 2.000 rpm durante 10 minutos. Foi utilizado o soro do sangue centrifugado para a análise das enzimas.

Determinação de CK

A determinação da CK total foi realizada utilizando o kit comercial CK-NAC liquiform fornecido pelo laboratório Labtest diagnóstica. O kit é composto por 3 reagentes.

Protocolo de fototerapia

Todos os indivíduos que completaram o protocolo receberam fototerapia ativa e fototerapia placebo. Em caso de falta no segundo dia de coleta, o sujeito receberia apenas a intervenção que foi determinada para a primeira sessão. Um equipamento KLD Biosistemas, previamente calibrado, modelo Endophoton® LLT0107 com aplicador emissor de radiação laser invisível (potência de 50 mW, comprimento de onda de 904 mW, largura de pulso de 100 ns) e radiação led visível e invisível (potência de 4x40 mW, comprimento de onda 658 nm, potência 4x50 mW e comprimento de onda 850 nm) foi utilizado no estudo com os seguintes parâmetros: área de emissão 0,067 cm², energia de 6 J/ponto, tempo de 120 s/ponto e um total de 6 pontos em cada membro inferior (totalizando 36J de energia entregue no membro). O spot foi mantido estacionário em contato com a pele em um ângulo de 90° com leve pressão. A aplicação foi realizada nos músculos do quadríceps femoral do membro operado. Para a fototerapia placebo, o aparelho permaneceu ligado, porém a caneta emissora da fototerapia não foi disparada.

Desfechos

Desfecho primário: teste de Endurance. Desfechos secundários: teste SEBT modificado, análise de CK, escala de BORG e teste de 1RM.

Tamanho da amostra

O cálculo amostral baseou-se no estudo de Melo *et al*, 2015 [19] e se considerou um $p < 0,05$ e um poder de 80%. Para se detectar uma diferença pré e pós intervenção seriam necessários 45 indivíduos. O software utilizado para o cálculo amostral foi o G*Power versão 3.1.9.2 para Windows.

Randomização e alocação

O procedimento de randomização foi realizado por meio de um sorteio (<http://www.randomization.com>), o qual determinou se os participantes receberiam na primeira sessão a aplicação da fototerapia ou do placebo. Os participantes foram alocados aleatoriamente para os procedimentos em dois grupos: grupo fototerapia, sujeitos que receberiam a fototerapia ativa na primeira sessão e controle na segunda sessão e grupo controle, sujeitos que receberiam placebo na primeira sessão e fototerapia ativa na segunda sessão.

Implementação

A randomização e alocação foram realizadas pelo pesquisador L.V.O, o qual também ficou responsável pela aplicação da fototerapia ativa ou placebo. Outros avaliadores treinados (M.M.R, D.C.B.J, M.T.C, G.M.B.K, J.I.S.G) ficaram responsáveis por realizar a avaliação inicial e os testes de 1RM, teste de Endurance e SEBT modificado. A coleta de sangue foi realizada sob a responsabilidade de acadêmicos do Curso de Enfermagem da ULBRA campus Cachoeira do Sul ou de um profissional de enfermagem, seguindo todos os cuidados de higiene e assepsia.

Cegamento

Todos voluntários, os pesquisadores M.M.R, D.C.B.J, M.T.C, G.M.B.K, J.I.S.G e o pesquisador responsável pela análise dos dados (V.S.H) desconheciam a ordem de alocação. Ainda, para garantir o cegamento, a aplicação da fototerapia e os testes foram divididos por salas. O pesquisador L.V.O e os sujeitos da pesquisa utilizaram durante a aplicação da fototerapia o filtro de proteção ocular.

Métodos estatísticos

Para variáveis quantitativas, os dados são expressos como média \pm DP para cada variável e grupo. Para variáveis qualitativas os dados são expressos em frequências relativas e absolutas para cada variável e grupo. O teste de Shapiro-Wilk foi realizado para avaliar a normalidade de todas as variáveis. O exato de Fisher foi utilizado para

comparação entre os grupos de variáveis categóricas: tabagismo, etilismo, hipertensão arterial sistêmica, perna da cirurgia de reconstrução de LCA, tipo de enxerto. O teste T de Student foi utilizado para comparação entre os grupos de variáveis quantitativas: idade, peso, altura, IMC, tempo de cirurgia, teste de Endurance (tempo de execução e número de repetições), SEBT e escala de Borg. A ANOVA de duas vias foi utilizado para comparação entre os grupos pré e pós intervenção ou controle do teste de uma repetição máxima e valores de CK. Um valor de $P < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo. SigmaPlot 11.0 (Systat Software Inc., San Jose, CA, USA) para Windows e GraphPvad Prism 5 (Graph-Pad Software, San Diego, CA, USA) para Windows foram utilizados como ferramenta computacional para a análise de dados.

Resultados

O estudo foi iniciado com dez voluntários que atenderam todos os critérios de inclusão e assinaram o TCLE. No entanto, um sujeito do grupo controle e dois do grupo fototerapia não foram analisados por não comparecerem na segunda sessão. Assim, o tamanho final da amostra do desfecho primário foi de nove sujeitos no GP e oito sujeitos

no GF. A Figura 1 expressa os procedimentos de intervenção realizados no estudo.

Caracterização da amostra

Os dados basais dos participantes estão expressos na tabela I.

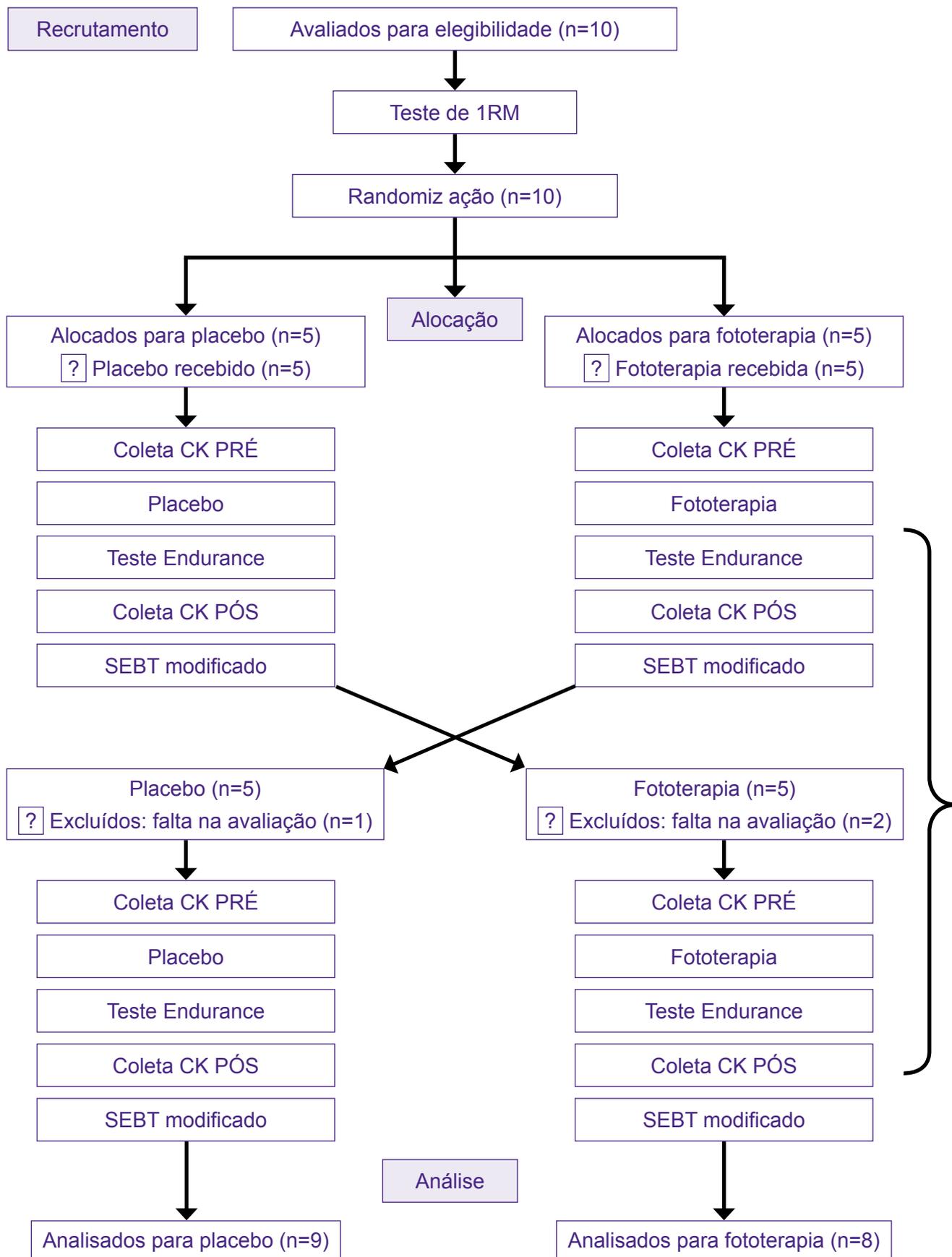


Figura I - Fluxograma dos procedimentos de intervenção

Tabela I - Descrição antropométrica, comorbidades, hábitos de vida, atividade física, tipo de enxerto e perna da cirurgia de reconstrução de LCA dos sujeitos e testes de 1RM

Variáveis	Controle (n=9)	Fototerapia (n=8)	Valor de p
Idade (anos) ^a	37 ± 7,26	36,25 ± 6,82	0.8299
Peso (kg) ^a	89,08 ± 11,60	87,31 ± 10,94	0.7522
Altura (m) ^a	1,77 ± 0,05	1,78 ± 0,05	0.6261
IMC (kg/m ²) ^a	28,76 ± 3,64	27,56 ± 3,40	0.4967
Tempo cirurgia (anos) ^a	9,33 ± 7,25	11,75 ± 7,30	0.5045
Frequência (dias por semana) ^a	4,67 ± 1,80	4,50 ± 1,85	0.8535
Tabagista (sim/não) ^b	2(22,22)/7(77,78)	2(25,00)/6(75,00)	1.00
Etilista (sim/não) ^b	4(44,44)/5(55,56)	3(37,50)/5(62,50)	1.00
HAS (sim/não) ^b	0 (0,00)/7(100,00)	0 (0,00)/7(100,00)	1.00
DM (sim/não) ^b	0 (0,00)/7(100,00)	0 (0,00)/7(100,00)	1.00
Perna operada (direita/esquerda) ^b	2(22,22)/7(77,78)	2(25,00)/6(75,00)	1.00
Enxerto (patelar/flexores) ^b	5(55,56)/4(44,44)	6(75,00)/2(25,00)	0.6199
1RM (kg) ^c			P grupo 0.794
Operada	48,67 ± 10,05	50,63 ± 12,02	P operação 0.859
Não operada	48,86 ± 11,02	49,00 ± 11,11	P interação 0.822

Fonte: IMC: índice de massa corporal; HAS: hipertensão arterial sistêmica controlada; DM: diabetes melítus; 1RM: 1 repetição máxima; a Dados apresentados em média ± desvio padrão. Análise estatística: Test T. b Dados expressos em frequências absolutas e relativa (%). Análise estatística: Teste exato de Fisher. c Dados apresentados em média ± desvio padrão. Análise estatística: ANOVA 2 vias.

Fototerapia alterou significativamente o número de repetições no Teste de Endurance em pacientes no pós-operatório tardio de reconstrução do ligamento cruzado anterior

A figura II representa os resultados para o desempenho muscular no teste de Endurance. Não se observou diferença significativa no tempo até a fadiga no grupo fototerapia comparado ao grupo controle (GF: 23,03 ± 5,45 vs. GC: 20,44 ± 3,81; p > 0,05). Em contrapartida, os ganhos no número de repetições foram significativos no grupo fototerapia em relação ao grupo controle (GF: 16,50 ± 3,74 vs. GC: 12,22 ± 4,02; p < 0,05). Sugere-se que a

fototerapia aplicada na musculatura do quadríceps femoral aumenta o número de repetições no teste de Endurance.

Fototerapia não alterou significativamente a relação perna operada versus perna não operada no Star Excursion Balance Test modificado em pacientes no pós-operatório tardio de reconstrução do ligamento cruzado anterior

Não se observou diferença significativa na relação perna operada versus perna não operada no SEBT modificado no grupo fototerapia comparado ao grupo controle (GF: 100,63 ± 8,19 vs. GC: 101,38 ± 3,58; p > 0,05), como representado na

figura 2C. Sugere-se que a fototerapia aplicada na musculatura do quadríceps femoral não aumenta o desempenho no SEBT modificado.

Fototerapia não diminuiu significativamente os níveis pós-exercício da Creatina Kinase em pacientes no pós-operatório tardio de reconstrução do ligamento cruzado anterior

A figura III expressa os resultados da análise de CK pós-exercício no sangue. Não se observou diferença significativa na concentração de CK no grupo fototerapia comparado ao grupo controle (GFpré:

206,38 ± 103,22 e GFpós: 210,00 ± 101,50 vs. GCpré: 428,89 ± 303,11 e GCpós: 428,89 ± 297,83; $p > 0,05$). Sugere-se que a fototerapia aplicada na musculatura do quadríceps femoral não diminui os níveis pós-exercício da concentração CK no sangue.

Não se observou diferença significativa na escala de BORG pós-exercício no grupo fototerapia comparado ao grupo controle (GF: 6,00 ± 2,39 vs. GC: 6,67 ± 1,32; $p > 0,05$). Sugere-se que a fototerapia aplicada na musculatura do quadríceps femoral não diminui a percepção de fadiga pós-exercício.

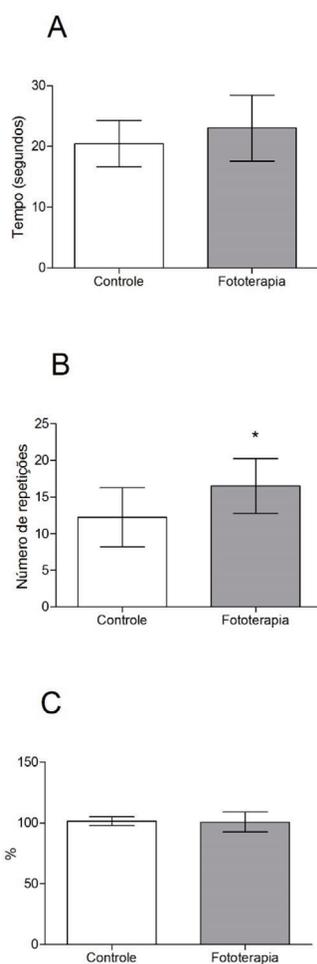


Figura II - Teste de Endurance e Star Excursion Balance Test modificado. A Tempo no Teste de Endurance (segundos). B Número máximo de repetições no Teste de Endurance (número de repetições). C Star Excursion Balance test (% , porcentagem). Teste de Endurance: Grupo Controle (n = 9), Grupo Fototerapia (n = 8). Star Excursion Balance Test modificado: Grupo Controle (n = 8), Grupo Fototerapia (n = 8). Valores estão descritos em média ± desvio padrão. Análise estatística: teste T de Student. Símbolos representam a comparação entre os grupos: * $P < 0.05$ comparado com placebo

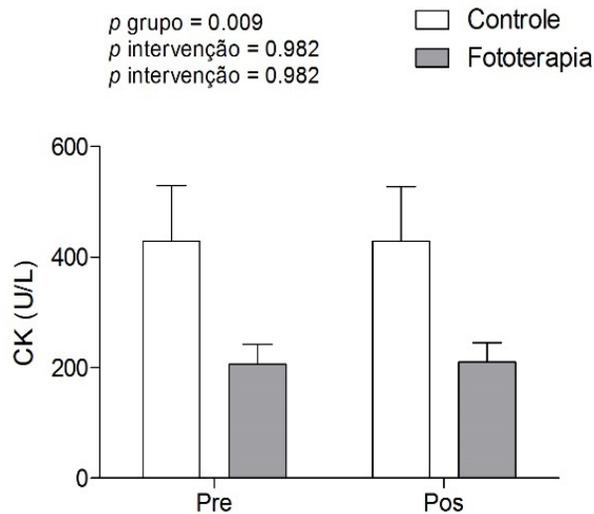


Figura III - Análise dos níveis de Creatina Kinase pré e pós-exercício. Cretina Kinase (U/L). Grupo Controle pré-exercício (n = 9), Grupo Fototerapia pré-exercício (n = 8), Grupo Controle pós-exercício (n = 9), Grupo Fototerapia pós-exercício (n = 8) Valores estão descritos em média \pm desvio padrão. Análise estatística: ANOVA de duas vias.

Discussão

Esse é o primeiro estudo clínico randomizado controlado a mostrar que a fototerapia aumenta a performance do quadríceps femoral em indivíduos no pós-operatório tardio de reconstrução do ligamento cruzado anterior. Tal efeito se evidencia pelo aumento do número de repetições do grupo fototerapia em relação ao grupo controle no teste de Endurance. A utilização de um desenho de estudo robusto, onde os avaliadores e indivíduos estavam cegados, com os dados basais sem diferenças entre grupos, em conjunto com a ausência de uma ordem de tratamento e efeito de aprendizagem fornecem segurança aos resultados obtidos.

Muitos indivíduos submetidos a cirurgia de LCA apresentam fraqueza muscular e déficits funcionais com 1 ano, 5 anos ou mesmo 20 anos de pós-operatório [20-22]. Força, resistência e amplitude de movimento são alguns desfechos musculares

avaliados pelo teste de Endurance. Neste estudo, verificamos o aumento do número de repetições, o que sugere que a fototerapia aplicada na musculatura do quadríceps femoral aumenta a performance muscular. Essa melhora também foi verificada em um estudo [13] que utilizou a fototerapia para esse desfecho no músculo bíceps braquial em jogadores de voleibol. Outro estudo [23] também realizou esse teste em jogadores de futebol não encontrou resultados significativos em número de repetições ou tempo até a fadiga.

O SEBT modificado é um método barato e rápido que demonstra ter boa confiabilidade para avaliar características neuromusculares como equilíbrio, coordenação, flexibilidade e força dos membros inferiores em geral, onde é preciso manter o equilíbrio em um pé enquanto o outro pé é alcançado em direções específicas e, portanto, é muito utilizado como ferramenta clínica no processo de

reabilitação do paciente pós-cirúrgico de reconstrução do LCA [24,25]. Em virtude de um erro ocorrido na avaliação de um paciente, foram analisados apenas 8 pacientes em cada grupo. Em nosso estudo não detectamos diferenças significativas quanto ao desempenho no SEBT modificado após a fototerapia.

Para mensurar a capacidade máxima do quadríceps femoral, foi utilizado o teste de 1RM na cadeira extensora, que é definido como a maior carga que pode ser movida por uma amplitude específica de movimento uma única vez e com execução correta [26]. Uma recente revisão sistemática com meta-análise analisou pacientes que passaram pela cirurgia de reconstrução do LCA e mostrou que os mesmos tem déficits de ativação central do quadríceps femoral mesmo anos após a operação [27]. Dois pacientes não realizaram o teste de 1RM na perna contrária, ambos por lesões recentes que impossibilitavam o pleno desempenho no teste. Apesar disso, não se verificou diferenças entre perna operada e não operada no teste de 1RM

A fototerapia é capaz de modular marcadores inflamatórios bioquímicos e produzir efeitos anti-inflamatórios locais em células e tecidos moles [28]. Estudos com animais mostraram que a fototerapia age na resposta inflamatória induzida por trauma e é capaz de bloquear as variáveis que aumentam o estresse oxidativo [29]. O teste de CK foi utilizado para avaliar se esses marcadores poderiam responder ao laser de baixa intensidade e ao exercício. A redução desses níveis após a aplicação da fototerapia pode estar relacionada aos efeitos na melhora da cadeia respiratória mitocondrial, aumentando a síntese de adenosina trifosfato (ATP) e contribuindo no desempenho durante o exercício [30,31], o que

não se evidenciou em nosso estudo. A utilização da Escala de Esforço Percebido de BORG visou avaliar o esforço percebido pelo indivíduo durante um exercício físico [32].

O processo de reabilitação de pós-operatório de LCA dispõe de um extenso leque de exercícios com diversos parâmetros, buscando desfechos como amplitude de movimento, propriocepção, fortalecimento do quadríceps femoral e isquiotibiais e rápido retorno às atividades normais da vida diária e esportes [33]. Posto isso, descobrir métodos que diminuam o tempo de retorno e causem menos dano ao enxerto devem ajudar a melhorar esse processo [34]. Ferramentas como a estimulação elétrica neuromuscular mostraram ótimos resultados na melhora do desempenho, por exemplo, do fortalecimento da musculatura do quadríceps femoral e têm sido amplamente recomendadas na literatura [35].

Do ponto de vista prático e clínico, os resultados apresentados em nosso estudo estão relacionados à melhora da função muscular dos pacientes no pós-operatório tardio de reconstrução LCA. Os benefícios observados com a aplicação da fototerapia nesse público podem abrir portas para sua aplicação como um instrumento fisioterapêutico capaz de aperfeiçoar a reabilitação nesses casos.

As limitações desse estudo estão na ausência de controle total de exercícios físicos realizados pelos pacientes no período de avaliações, o que pode ter enviesado os resultados dos testes. Ainda, testou-se um protocolo isolado de fototerapia agudo e sem um follow-up não permitindo conclusões sobre a duração dos efeitos observados. Estudos subsequentes devem encontrar soluções para ter maior controle da amostra e prestar acompanhamento adequado.

Conclusão

Foram observados aumentos significativos no teste de Endurance após a aplicação de um protocolo agudo de fototerapia no quadríceps em pacientes no pós-operatório tardio de reconstrução do ligamento cruzado anterior. Em conclusão, os achados do presente estudo sugerem que a fototerapia é capaz de melhorar a Endurance muscular nessa população.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Fontes de Financiamento

Financiamento próprio.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Oliveira LV, Scotta VH. Obtenção de dados: Oliveira LV, Rodrigues MR, Junior DCB, Cabreira, MT, Keller, GMB, Galhart, JIS. Análise e interpretação dos dados: Oliveira LV, Scotta VH, Miguel, FM. Análise estatística: Scotta, VH. Redação do manuscrito: Oliveira LV. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Scotta VH.

Referências

1. Musahl V, Karlsson J. Anterior Cruciate Ligament Tear. *N Engl J Med*. 2019;380(24):2341-2348. doi: 10.1056/NEJMc1805931.
2. Wu J, Kator JL, Zarro M, Leong NL. Rehabilitation Principles to Consider for Anterior Cruciate Ligament Repair. *Sports Health*. 2022;14(3):424-432. doi: 10.1177/19417381211032949
3. Montalvo AM, Schneider DK, Webster KE, Yut L, Galloway MT, Heidt RS Jr, Kaeding CC, Kremcheck TE, Magnussen RA, Parikh SN, Stanfield DT, Wall EJ, Myer GD. Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Sport: A Systematic Review and Meta-Analysis of Injury Incidence by Sex and Sport Classification. *J Athl Train*. 2019;54(5):472-482. doi: 10.4085/1062-6050-407-16.
4. Cheng X, Liu F, Zhou D, Paulus AC. Surgical intra- and extra-articular anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):414. doi: 10.1186/s12891-020-03438-4
5. Filbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2019;33(1):33-47. doi: 10.1016/j.berh.2019.01.018
6. Pietrosimone B, Lepley AS, Kuenze C, Harkey MS, Hart JM, Blackburn JT, Norte G. Arthrogenic Muscle Inhibition Following Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Sport Rehabil*. 2022 Feb 14;31(6):694-706. doi: 10.1123/jsr.2021-0128. PMID: 35168201.
7. Krishnan C, Williams GN. Factors explaining chronic knee extensor strength deficits after ACL reconstruction. *J Orthop Res*. 2011;29(5):633-40. doi: 10.1002/jor.21316
8. Ferraresi C, de Brito Oliveira T, de Oliveira Zafalon L, de Menezes Reiff RB, Baldissera V, de Andrade Perez SE. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Lasers Med Sci*. 2011;26(3):349-58. doi: 10.1007/s10103-010-0855-0

9. Leal-Junior EC, Vanin AA, Miranda EF, de Carvalho Pde T, Dal Corso S, Bjordal JM. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2015;30(2):925-39. doi: 10.1007/s10103-013-1465-4
10. da Silva Alves MA, Pinfieldi CE, Neto LN, Lourenço RP, de Azevedo PH, Dourado VZ. Acute effects of low-level laser therapy on physiologic and electromyographic responses to the cardiopulmonary exercise testing in healthy untrained adults. *Lasers Med Sci.* 2014;29(6):1945-51. doi: 10.1007/s10103-014-1595-3
11. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Baroni BM, De Marchi T, Taufer D, Manfro DS. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers Med Sci.* 2009;24(6):857-63. doi: 10.1007/s10103-008-0633-4
12. Baroni BM, Leal Junior EC, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(4):789-96. doi: 10.1007/s00421-010-1562-z
13. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Frigo L, De Marchi T, Rossi RP, de Godoi V, Tomazoni SS, Silva DP, Basso M, Filho PL, de Valls Corsetti F, Iversen VV. 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.* 2010;40(8):524-32. doi: 10.2519/jospt.2010.3294
14. Cabral LL, Lopes PB, Wolf R, Stefanello JM, Pereira, G. A systematic review of cross-cultural adaptation and validation of borg's rating of perceived exertion scale. *J. Phys. Educ.* 2017; 28(1): 28-53. doi: 10.4025/jphyseduc.v28i1.2853
15. Clark NC, Reilly LJ, Davies SC. Intra-rater reliability, measurement precision, and inter-test correlations of 1RM single-leg leg-press, knee-flexion, and knee-extension in uninjured adult agility-sport athletes: Considerations for right and left unilateral measurements in knee injury control. *Phys Ther Sport.* 2019;40:128-136. doi: 10.1016/j.ptsp.2019.09.003
16. Gribble PA, Kelly SE, Refshauge KM, Hiller CE. Interrater reliability of the star excursion balance test. *J Athl Train.* 2013;48(5):621-6. doi: 10.4085/1062-6050-48.3.03
17. Delahunt E, McGrath A, Doran N, Coughlan GF. Effect of taping on actual and perceived dynamic postural stability in persons with chronic ankle instability. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(9):1383-9. doi: 10.1016/j.apmr.2010.06.023
18. Olmsted LC, Carcia CR, Hertel J, Shultz SJ. Efficacy of the Star Excursion Balance Tests in Detecting Reach Deficits in Subjects With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* 2002 Dec;37(4):501-506. doi: 10.1002/pri.1589
19. Melo M de O, Pompeo KD, Brodt GA, Baroni BM, da Silva Junior DP, Vaz MA. Effects of neuromuscular electrical stimulation and low-level laser therapy on the muscle architecture and functional capacity in elderly patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2015;29(6):570-80. doi: 10.1177/0269215514552082

20. Patterson BE, Barton CJ, Culvenor AG, Cooper RL, Crossley KM. Exercise-therapy and education for individuals one year after anterior cruciate ligament reconstruction: a pilot randomised controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021;22. doi: 10.1186/s12891-020-03919-6
21. Patterson BE, Culvenor AG, Barton CJ, Guermazi A, Stefanik JJ, Crossley KM. Patient-Reported Outcomes One to Five Years After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: The Effect of Combined Injury and Associations With Osteoarthritis Features Defined on Magnetic Resonance Imaging. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2020;72(3):412-422. doi: 10.1002/acr.23854
22. Tengman E, Brax Olofsson L, Stensdotter AK, Nilsson KG, Häger CK. Anterior cruciate ligament injury after more than 20 years. II. Concentric and eccentric knee muscle strength. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24(6):e501-509.
23. Dos Reis FA, da Silva BA, Laraia EM, de Melo RM, Silva PH, Leal-Junior EC. Effects of pre- or post-exercise low-level laser therapy (830 nm) on skeletal muscle fatigue and biochemical markers of recovery in humans: double-blind placebo-controlled trial. *Photomed Laser Surg.* 2014;32(2):106-12. doi: 10.1111/sms.12215
24. Dobija L, Reynaud V, Pereira B, Van Hille W, Descamps S, Bonnin A, Coudeyre E. Measurement properties of the Star Excursion Balance Test in patients with ACL deficiency. *Phys Ther Sport.* 2019; 36:7-13. doi: 10.1016/j.ptsp.2018.12.010.
25. Clagg S, Paterno MV, Hewett TE, Schmitt LC. Performance on the modified star excursion balance test at the time of return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015;45(6):444-52. doi: 10.2519/jospt.2015.5040
26. Pereira MI, Gomes PS. Testes de força e resistência muscular: confiabilidade e predição de uma repetição máxima - Revisão e novas evidências. *Rev Bras Med Esporte.* 2003; 9(5): 325-335. doi: 10.1590/s1517-86922003000500007
27. Lisee C, Lepley AS, Birchmeier T, O'Hagan K, Kuenze C. Quadriceps Strength and Volitional Activation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Health.* 2019 Mar/Apr;11(2):163-179. doi: 10.1177/1941738118822739
28. Lopes-Martins RA, Marcos RL, Leonardo PS, Prianti AC Jr, Muscará MN, Aimbire F. Effect of low-level laser (Ga-Al-As 655 nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats. *J Appl Physiol (1985).* 2006;101(1):283-8. doi: 10.1152/jappphysiol.01318.2005
29. Avni D, Levkovitz S, Maltz L, Oron U. Protection of skeletal muscles from ischemic injury: low-level laser therapy increases antioxidant activity. *Photomed Laser Surg.* 2005;23(3):273-7. doi: 10.1089/pho.2005.23.273
30. Toma RL, Tucci HT, Antunes HK, Pedroni CR, de Oliveira AS, Buck I. Effect of 808 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in elderly women. *Lasers Med Sci.* 2013;28(5):1375-82. doi: 10.1007/s10103-012-1246-5
31. Toma RL, Vassão PG, Assis L, Antunes HK, Renno AC. Low level laser therapy associated with a strength training program on muscle performance in elderly women: a randomized double blind control study. *Lasers Med Sci.* 2016;31(6):1219-29. doi: 10.1007/s10103-016-1967-y

32. Garnacho-Castaño MV, Domínguez R, Muñoz González A, Feliu-Ruano R, Serra-Payá N, Maté-Muñoz JL. Exercise Prescription Using the Borg Rating of Perceived Exertion to Improve Fitness. *Int J Sports Med.* 2018;39(2):115-123. doi: 10.1055/s-0043-120761.
33. Kaya D, Guney-Deniz H, Sayaca C, Calik M, Doral MN. Effects on Lower Extremity Neuromuscular Control Exercises on Knee Proprioception, Muscle Strength, and Functional Level in Patients with ACL Reconstruction. *Biomed Res Int.* 2019;1694695. doi: 10.1155/2019/1694695
34. Glass R, Waddell J, Hoogenboom B. The Effects of Open versus Closed Kinetic Chain Exercises on Patients with ACL Deficient or Reconstructed Knees: A Systematic Review. *N Am J Sports Phys Ther.* 2010;5(2):74-84.
35. Hauger AV, Reiman MP, Bjordal JM, Sheets C, Ledbetter L, Goode AP. Neuromuscular electrical stimulation is effective in strengthening the quadriceps muscle after anterior cruciate ligament surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(2):399-410. doi: 10.1007/s00167-017-4669-5



Este artigo de acesso aberto é distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons (CC BY 4.0), que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.