



Terapia a laser de alta intensidade para rigidez muscular dos isquiotibiais: fundamentação e desenho do estudo para estudo controlado randomizado simples-cego

High-intensity laser therapy for hamstring muscle tightness: rationale and study design for a single-blinded randomized controlled trial

Adarsh Kumar Srivastav¹

Manu Goyal²

Asir John Samuel³

¹Maharishi Markandeshwar (Deemed to be University) (Mullana). Ambala, Haryana, India.

²Autor para correspondência. Maharishi Markandeshwar (Deemed to be University) (Mullana). Ambala, Haryana, India. manu.goyal@mmumullana.org

³Yenepoya (Deemed to be University) (Mangalore). Karnataka, Índia.

RESUMO | CONTEXTO: Sentar-se por muito tempo e um estilo de vida sedentário podem resultar em encurtamento dos isquiotibiais. Um declínio na atividade física regular pode levar a uma diminuição da flexibilidade do músculo em um adulto mais jovem. Aumentar a flexibilidade dos músculos isquiotibiais pode diminuir as possibilidades de lesões e prevenir a dor lombar. A aplicação da terapia a laser de alta intensidade (TLAI) tem demonstrado inúmeros benefícios para diversas condições. No entanto, até o momento, não há pesquisas publicadas sobre a eficácia dessa terapia para melhorar o comprimento dos músculos isquiotibiais em adultos jovens saudáveis. Este artigo descreve o protocolo de estudo para investigar os benefícios do TLAI no tratamento da rigidez muscular dos isquiotibiais em adultos jovens. **MÉTODOS:** 136 indivíduos jovens saudáveis serão recrutados, pelo método de amostragem intencional, para participar de um estudo randomizado, simples-cego e controlado por simulação. Os participantes recrutados serão divididos aleatoriamente em dois grupos, o grupo TLAI ativo e o grupo TLAI placebo. A duração do tratamento será de 8 a 10 minutos por sessão em ambos os membros inferiores, em dias alternados, durante duas semanas. O teste de extensão ativa do joelho e o teste de sentar e tocar são as medidas de resultado que serão registradas na linha de base, no final do período pós-intervenção de 2 semanas. O valor de $p \leq 0,05$ será considerado estatisticamente significativo. **DISCUSSÃO:** Os resultados do estudo fornecerão os dados para determinar se a TLAI seria uma futura intervenção não farmacológica não invasiva para reduzir a tensão muscular dos isquiotibiais em adultos jovens. **REGISTRO DE ENSAIO:** Registro de Ensaios Clínicos NCT05077761.

PALAVRAS-CHAVE: Flexibilidade. Isquiotibiais. Laserterapia. Jovens adultos.

ABSTRACT | BACKGROUND: Prolonged sitting and a sedentary lifestyle may result in hamstring shortness. A decline in regular physical activity could lead to a decrease in the flexibility of the muscle in a younger adult. Increasing hamstring muscle flexibility could decrease the possibility of injuries and prevent low back pain. The application of high-intensity laser therapy (HILT) has proved to be innumerable benefits for many conditions. However, to date, no published research is available on the effectiveness of this therapy in improving hamstring muscle length in healthy young adults. This article describes the study protocol for investigating the benefits of HILT in treating hamstring muscle tightness among young adults. **METHODS:** 136 healthy young individuals will be recruited, by purposive sampling method, to participate in a randomized, single-blinded, sham-controlled study. Recruited participants will be randomly divided into two groups, the active HILT group, and the sham HILT group. The treatment duration will be 8-10 minutes per session, on both lower limbs, for alternate days a week, for two weeks. The active knee extension test and sit-toe and touch test are the outcome measures that will be recorded at baseline, end of the 2-week post-intervention period. The p -value ≤ 0.05 will be considered statistically significant. **DISCUSSION:** The study findings will provide the data to determine whether HILT would be a future non-pharmacological non-invasive intervention to reduce hamstring muscle tightness among young adults. **TRIAL REGISTRY:** Clinical Trials Registry NCT05077761.

KEYWORDS: Flexibility. Hamstring. Laser therapy. Young adults.

Submetido 09/02/2023, Aceito 19/05/2023, Publicado 02/08/2023

Rev. Pesqui. Fisioter., Salvador, 2023;13:e5069

<http://dx.doi.org/10.17267/2238-2704rpf.2023.e5069>

ISSN: 2238-2704

Editoras responsáveis: Ana Lúcia Góes, George Alberto da Silva Dias

Como citar este artigo: Srivastav AK, Goyal M, Samuel AJ. Terapia a laser de alta intensidade para rigidez muscular dos isquiotibiais: fundamentação e desenho do estudo para estudo controlado

randomizado simples-cego. Rev Pesqui Fisioter. 2023;13:e5069. <http://dx.doi.org/10.17267/2238-2704rpf.2023.e5069>



Introdução

A rigidez dos isquiotibiais é caracterizada como uma perda de amplitude de movimento associada a uma sensação de limitação na parte posterior da coxa.¹ A incapacidade de estender o joelho mais de 160 graus com o quadril em 90 graus de flexão é referida como rigidez dos isquiotibiais.² Essa condição ocorre devido ao estilo de vida sedentário dos indivíduos, o que resulta em menor atividade física, menor gasto energético e diminuição da taxa metabólica basal. A manutenção da atividade física é uma das técnicas para evitar a perda muscular.^{3,4} A rigidez dos isquiotibiais é um problema muito comum em estudantes, principalmente quando ficam sentados por muito tempo. 82% dos alunos relataram rigidez dos isquiotibiais quando avaliados com um teste de elevação da perna estendida.⁵

Os pesquisadores relataram que a rigidez muscular dos isquiotibiais pode ser corrigida com várias abordagens terapêuticas e tratamentos conservadores.^{6,7} A literatura mostra que o alongamento não é eficaz na redução da ocorrência de lesões e no aumento do comprimento dos músculos isquiotibiais.⁸ Compressas frias e quentes demonstraram afetar as propriedades contráteis de músculos. Em um estudo, foi relatado que durante a contração isométrica do músculo gastrocnêmio, a conexão entre a força muscular estimada e o alongamento de cada estrutura (complexo tendão-aponeurose, tendão) permaneceu inalterada em ambas as imersões quentes e frias.⁹ Os ensaios clínicos mostraram os benefícios da modalidade de terapia a laser de baixa intensidade no tratamento de lesões musculares.¹⁰⁻¹⁵

A luz tem um efeito modulador no corpo, que causa reações biológicas locais e/ou sistêmicas no organismo. Os benefícios anti-inflamatórios da fototerapia, como seu potencial para diminuir a liberação de espécies reativas de oxigênio¹⁶, aumentar a capacidade antioxidante¹⁷ e melhorar a função mitocondrial, podem explicar esses resultados promissores nas funções musculares.¹⁸ Muitos estudos relataram o efeito positivo da terapia a laser no desempenho muscular¹⁴, no dano muscular¹¹, na força muscular¹⁵, na fadiga muscular¹², na hipertrofia muscular¹³ e no

ganho muscular¹⁹ em indivíduos sintomáticos e assintomáticos. A terapia a laser de alta intensidade (TLAI) produz rajadas e ciclos de trabalho muito curtos e gera maior radiação no tecido alvo com riscos histológicos muito leves e fornece efeito aos tecidos e estruturas profundas. A TLAI é eficaz em relação à terapia a laser de baixo nível devido à emissão pulsada de alta potência e ao efeito fotoquímico que também melhora o desempenho muscular ao micromassagear a estrutura do tecido mole.

No entanto, nenhuma pesquisa relatou o efeito terapêutico da TLAI para melhorar o comprimento dos músculos isquiotibiais. Nenhuma pesquisa foi realizada sobre a TLAI para determinar os parâmetros adequados necessários para aumentar a flexibilidade. Há uma necessidade definitiva de estabelecer o protocolo TLAI para determinar se esta intervenção terá um efeito significativo na rigidez muscular dos isquiotibiais. O objetivo deste estudo é avaliar os efeitos da TLAI no comprimento muscular dos isquiotibiais (CMI) em adultos jovens, bem como verificar o efeito de 2 semanas dessa terapia na melhora da flexibilidade dos isquiotibiais em indivíduos com rigidez nesses músculos.

Hipótese

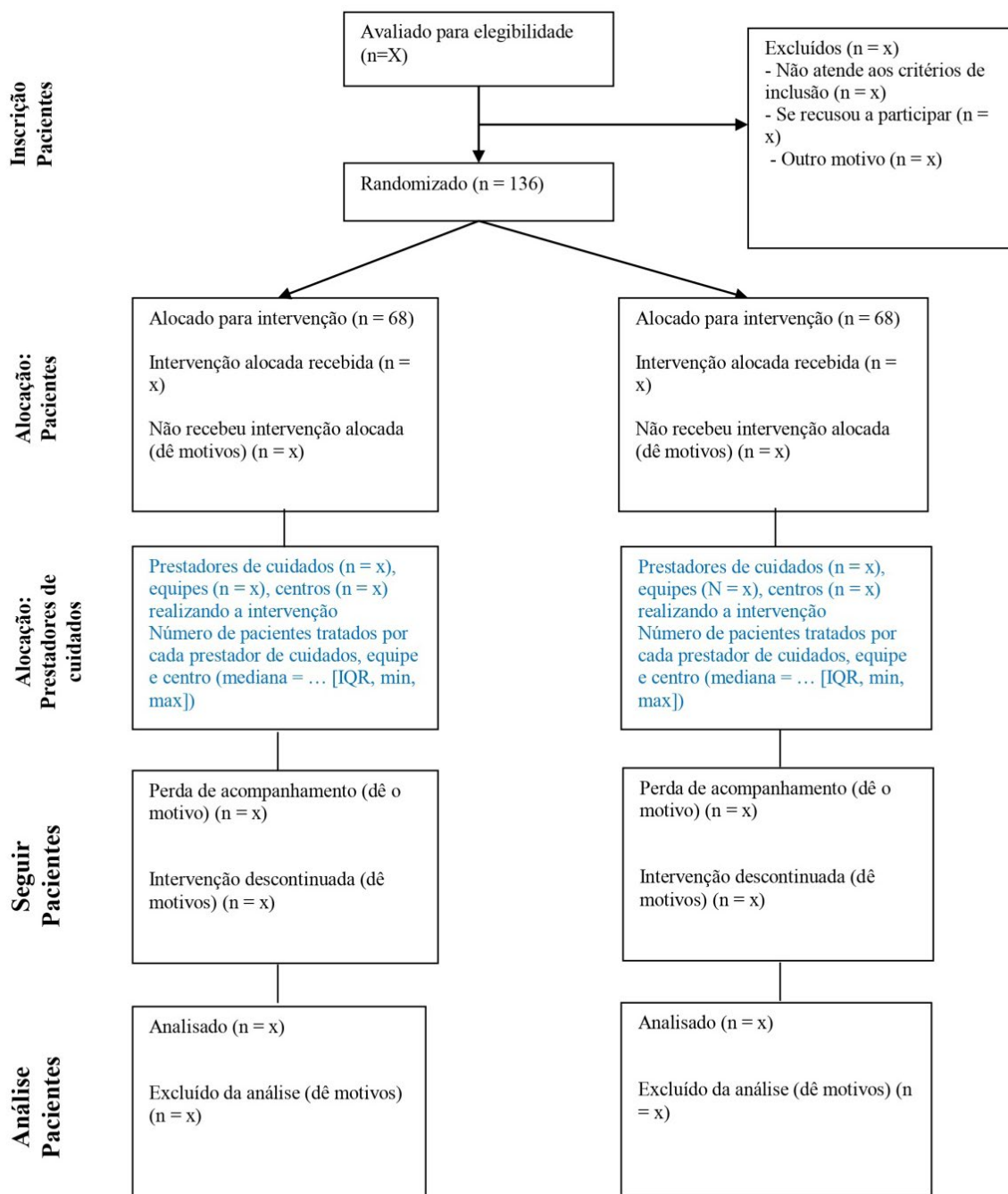
Não haverá diferença significativa no CMI após a intervenção TLAI quando comparado ao TLAI ativo no grupo experimental, e o grupo controle é hipótese nula. Enquanto na hipótese alternativa, haverá mudanças significativas no CMI após a aplicação do TLAI quando comparado ao TLAI placebo.

Métodos

Desenho do estudo

Este projeto de estudo de protocolo será um projeto de grupo pré-teste pós-teste controlado. O desenho do estudo a ser adotado é explicado em um diagrama de fluxo para ensaios controlados randomizados individuais de tratamentos não farmacológicos²⁰, exibido na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma do estudo



Fonte: os autores (2023).

Ambiente de estudo

O estudo será realizado em uma instituição de ensino de atendimento terciário.

Participantes do estudo

Recrutamento de participantes

Este estudo visa recrutar adultos jovens entre a faixa etária de 18 a 30 anos. Será feito um levantamento de questões relacionadas à flexibilidade dos músculos isquiotibiais entre estudantes universitários. Os participantes serão convidados a participar do estudo por e-mail/mensagem e serão solicitados a participar voluntariamente. Os participantes serão recrutados segundo o método de amostragem intencional neste estudo. O investigador recrutará participantes que fornecerão consentimento informado por escrito para participação voluntária no estudo de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Os critérios de inclusão serão os seguintes: adultos jovens assintomáticos, homens e mulheres, idade 18-30 anos, rigidez dos músculos isquiotibiais (unilateral/bilateral). Os critérios de exclusão serão os seguintes: qualquer discrepância no comprimento das pernas, alergia de pele, presença de dorso plano/lordose aumentada, qualquer desvio da postura normal, indivíduos frequentadores de academia, qualquer atleta, qualquer outro distúrbio musculoesquelético, qualquer patologia do disco, irritação da raiz nervosa, história cirúrgica ou trauma, malignidade, gravidez, disfunções sensoriais, marca-passos cardíacos.

O protocolo do estudo foi aprovado pelo comitê institucional de pesquisa e ética Maharishi Markandeshwar Institute of Medical Sciences and Research, Maharishi Markandeshwar (considerado universitário) (MMDU/IEC/2151 em 13/10/2021). O estudo será feito estritamente de acordo com as diretrizes da declaração de Helsinque, revisada em 2013.²¹ O estudo também seguirá as diretrizes éticas emitidas pelo *Council for International Organizations of Medical Sciences* - CIOMS (Conselho de Organizações Internacionais de Ciências Médicas) em colaboração com a Organização Mundial da Saúde (OMS), intitulada *Diretrizes éticas internacionais para pesquisas relacionadas à saúde envolvendo seres humanos*, 2016. Com a aprovação do comitê de ética institucional, um *Universal Trial Number* - UTN (Número de Ensaio Universal) único U1111-1269-9595 foi obtido para o estudo. O protocolo do estudo foi carregado na plataforma de registro de ensaios clínicos de acesso aberto, Registro de Ensaios Clínicos NCT05077761, registrado em 1 de outubro de 2021, aprovado pela *International Clinical Trials Registry Platform* - ICTRP (Plataforma Internacional de Registro de Ensaios Clínicos) da OMS e pelo *International Committee of Medical Journal Editors* - ICMJE (Comitê Internacional de Editores de Revistas Médicas). Os dados serão coletados na instituição de ensino de atenção terciária.

Um breve cronograma do *Standard Protocol Items: Recommendations for Interventional Trials* - SPIRIT (Itens de Protocolo Padrão: Recomendações para Ensaios de Intervenção) é fornecido na Figura 2.

Figura 2. Descrição detalhada do estudo

TIMEPOINT**	PERÍODO DE ESTUDOS				
	Inscrição	Alocação	Pós-alocação (tratamento)		Acompanhamento (Avaliação)
	0 Semana	1 Semana	1 Semana	2 Semana	2 Semana
INSCRIÇÃO:					
Tela de elegibilidade	X				
Consentimento informado	X				
Randomization	X				
Alocação		X			
INTERVENÇÕES:					
Intervenções de grupo HILT ativas			X	X	
Intervenções de grupo HILT simuladas			X	X	
AVALIAÇÕES:					
Dados demográficos	X				
Teste ativo de extensão do joelho	X				X
Teste de sentar e tocar os pés	X				X

Fonte: os autores (2023).

Randomização e ocultação de alocação

136 participantes serão selecionados com base nos critérios de inclusão para o projeto controlado randomizado pré-teste-pós-teste simples e cego de dois grupos. Dados demográficos serão registrados para todos os participantes. Os participantes com comprimento do músculo isquiotibiais serão alocados em dois grupos, o grupo TLAI ativo e o grupo TLAI placebo pela técnica de randomização em bloco. Segundo a técnica, serão quatro blocos com o desenho da matriz de 4×34, onde 34 são linhas. Cada linha pode ter quatro blocos, com um bilhete (SNOSE - envelopes opacos, selados e numerados sequencialmente) em cada bloco contendo o nome TLAI ativo ou TLAI placebo. Um total de quatro fichas (duas fichas para cada grupo) será atribuído a cada linha e, em seguida, um paciente com comprimento do músculo isquiotibiais será atribuído a um dos dois grupos com base na ficha escolhida aleatoriamente (SNOSE). Depois que toda a primeira linha for alocada, o próximo bloco de linha será aberto para inscrição. A vantagem desse método de randomização é que o número de pacientes designados para cada grupo ao longo do tempo seria aproximadamente igual. Com isso, a alocação desigual do tamanho da amostra será evitada. A alocação oculta de um paciente com comprimento do músculo isquiotibiais para os grupos de tratamento será explicada usando SNOSE. Após a randomização, os participantes serão adequadamente alocados em seus grupos. Os participantes do grupo TLAI receberão o TLAI ativo. O grupo de controle receberá TLAI placebo e as alterações pré-pós nas medidas de resultado serão documentadas.

Cegamento

Os participantes do estudo não saberão qual o seu grupo de alocação. Não haverá cegamento para o terapeuta e avaliador de resultados.

Intervenções

Todas as intervenções serão fornecidas por um fisioterapeuta experiente e qualificado. Os participantes do grupo TLAI ativo receberão intervenção TLAI no músculo isquiotibial. A dosagem e os parâmetros serão calculados. (Quadro 1).

Quadro 1. Parâmetros de dosagem e irradiação

Comprimento de onda	980 milhas náuticas
Poder	10 watts
Modo de emissão	Emissão contínua
Energia (Joules)	3000-4000 Joules
tempo de irradiação	4-5 minutos em cada extremidade

Fonte: os autores (2023).

O laser será utilizado em forma de contato, com o feixe espalhado sobre o ventre do músculo isquiotibial no método de varredura. Os pontos de tratamento de irradiação (ativo ou placebo) serão fixados no ponto médio da medida total obtida entre a tuberosidade isquiática até a face antero/posteromedial da tíbia e cabeça da fíbula bilateralmente, com 2cm entre cada ponto para padronizar a aplicação do laser. A área de irradiação será no ventre muscular dos isquiotibiais, 1/3 do comprimento total do músculo. O laser será aplicado na área transversal, em uma área igual do ventre muscular, com uma distância igual do ponto médio até o lado lateral. O comprimento total do músculo será medido com a fita métrica e marcado separadamente. Todas as medidas de proteção durante o TLAI serão tomadas durante a aplicação. Os participantes e terapeutas usarão óculos de proteção durante o procedimento de tratamento. Os participantes ficarão em decúbito ventral com um travesseiro colocado abaixo das pernas. Cada sessão será de 8 a 10 minutos no membro inferior bilateral, em dias alternados, por até 2 semanas. Os resultados primários deste estudo são o teste de extensão ativa do joelho e o teste de sentar e tocar para medir a rigidez do músculo isquiotibial.

Avaliação do resultado

Os resultados serão avaliados no início e no final do período pós-intervenção de 2 semanas.

1. Teste de extensão ativa do joelho (EAJ)

2. Teste de sentar e tocar (ST)

Medida de resultado primário

1. Teste de extensão ativa do joelho (EAJ)

O EAJ é um teste ativo que envolve movimento na articulação do joelho e geralmente é considerado seguro porque o paciente controla o ponto final do movimento.²² Os participantes serão colocados em decúbito dorsal sem um travesseiro sob a cabeça, com a extremidade inferior esquerda em 0 grau de flexão do quadril, que será mantida por uma tira de velcro presa à mesa. A tuberosidade isquiática direita será colocada contra a barra metálica, e a coxa direita do participante será dobrada a 90 graus. Para manter a posição, o meio da coxa direita será preso à caixa. Em seguida, será solicitado ao sujeito que estenda lentamente o joelho direito até sentir a sensação inicial de alongamento, mantendo o pé em flexão plantar. Os participantes serão instruídos a manter a parte posterior da coxa direita em contato com a caixa. A posição será mantida temporariamente em condições de usar um goniômetro para medir o ângulo EAJ. O braço estacionário do goniômetro será posicionado ao longo do fêmur com o trocânter maior do fêmur fornecendo um ponto de referência. O côndilo femoral lateral na articulação do joelho será usado para definir o eixo do movimento, e o braço móvel será posicionado alinhado com o maléolo lateral. A técnica de extensão do joelho seria repetida três vezes, sendo a medida média a base para inclusão no estudo.

Em outras investigações, a medida desse ângulo e procedimentos relacionados foram utilizados como exame de triagem para extensão ativa do joelho. O teste EAJ deve oferecer aos profissionais e pesquisadores uma maneira confiável de avaliar a tensão muscular dos isquiotibiais, e essas medições permitirão que pesquisadores e profissionais documentem a tensão muscular e a mudança após um curso específico de tratamento. Os coeficientes de correlação intrateste para medições de teste e reteste foram ICC 0.99 para a extremidade inferior esquerda e ICC 0.99 para a extremidade inferior direita.²³

Medida de resultado secundário

2. Teste de sentar e tocar (ST)

O teste ST exige que os indivíduos se sentem no chão com as pernas estendidas à frente e os calçados devem ser retirados. As solas dos pés são colocadas planas na caixa. Ambos os joelhos devem estar travados e colocados no chão, com o testador segurando-os, se necessário. O indivíduo estende-se o mais longe possível ao longo da linha de medição, com as palmas voltadas para baixo e as mãos uma sobre a outra ou lado a lado. Certifique-se de que ambas as mãos estejam no mesmo nível, sem que nenhuma se estenda mais para a frente do que a outra. A distância será medida do dedo médio da mão até o dedo maior do pé com fita inextensível.

A pessoa se estende e mantém essa posição por pelo menos um ou dois segundos enquanto a distância é medida.²⁴ Confirme se não houve movimentos bruscos. O teste de sentar e tocar é um teste válido de flexibilidade de costas e pernas, desde que sua validade seja medida pelo teste *Standing Bobbing*. Isso é indicado pelo coeficiente de validade (r) de 0.90.²⁵

Cálculo do tamanho da amostra

O tamanho da amostra foi calculado por meio do software de acesso livre G*Power, versão 3.1.9.7 (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Alemanha; <http://www.gpower.hhu.de/>).²⁶ O teste EAJ é considerado um resultado primário no estudo atual. O poder foi definido como 90%, com um nível alfa de 5% e um tamanho de efeito estimado de 0.62²⁷, considerando 30% de desistências, resultando em um tamanho de amostra de 68 indivíduos por grupo. Tamanho amostral total resultante de 136 em ambos os grupos.

Método estatístico

Caso os dados sigam a distribuição normal, as estatísticas descritivas serão expressas em média \pm desvio padrão. Um teste t pareado será adotado para determinar as diferenças dos grupos experimental e controle para mudanças pré-pós-intervenção. Em contraste, o teste t independente será usado para comparar as mudanças nos valores médios das medidas de resultado entre os grupos experimental e controle. Se os dados não seguirem uma distribuição normal, as estatísticas descritivas serão relatadas na mediana

com um intervalo de confiança (IC) de 95% e intervalo. O teste dos postos sinalizados de Wilcoxon será adotado para descobrir as diferenças entre o grupo experimental e o grupo controle para mudanças pré-pós-intervenção. Enquanto o teste Mann Whitney U será usado para comparar as mudanças nos valores médios das variáveis do teste EAJ e ST entre o grupo experimental e o grupo controle na linha de base e no final de 2 semanas de intervenção. Todos os dados serão analisados usando software estatístico, pacote estatístico para ciências sociais (SPSS) e IBM SPSS versão 20.0 (Armonk, NY: IBM Corp.). O valor de $p \leq 0,05$ será considerado estatisticamente significativo.

Perspectiva

Até onde sabemos, não há nenhum estudo controlado randomizado para avaliar a eficácia do TLAI no comprimento dos músculos isquiotibiais entre adultos jovens. O TLAI é conhecido por aumentar o metabolismo e acelerar a circulação sanguínea através da vasodilatação sistêmica, resultando na reabsorção do material tecidual armazenado e na rápida eliminação de exsudatos. Neste estudo, as mudanças no comprimento do músculo isquiotibiais serão observadas e registradas medindo as mudanças no comprimento com a ajuda de um teste ativo de extensão do joelho. No entanto, os estudos disponíveis são feitos apenas em terapia a laser de baixa intensidade, mas, até o momento, faltam evidências sobre o TLAI. Este estudo ajudará a estabelecer um protocolo de tratamento eficaz para a população adulta normal.

Riscos são quaisquer circunstâncias potencialmente prejudiciais provocadas por um contato imprevisto ou exposição de tecidos ou materiais à energia do laser. Estes podem ser riscos diretos do feixe (aqueles causados pela interação real do feixe), como queimaduras nos tecidos, danos aos olhos, incêndios no tubo endotraqueal, incêndios em cortinas e explosões de gás, ou riscos não relacionados ao feixe (aqueles causados por contaminantes transportados pelo ar gerados por laser, como fumaças cirúrgicas), danos elétricos, corantes tóxicos e mau funcionamento do sistema. O grau de possibilidade de exposição ou lesão resultante da exposição a perigos específicos é frequentemente usado para descrever o risco. Cada indivíduo que trabalha com o equipamento de laser e

cada membro da equipe de laser pode estar exposto a vários níveis de risco. Dependendo do dispositivo de entrega, configurações de energia, tecidos-alvo, bem como os níveis de educação, treinamento e experiência dos operadores e usuários, o nível de risco também pode mudar com os usos terapêuticos de um sistema.

A força do estudo é que será um estudo randomizado controlado. A dosagem de TLAI será calculada e estabelecida para a rigidez muscular dos isquiotibiais. O cálculo do tamanho da amostra foi feito antes do estudo. As descobertas do estudo podem ter um impacto significativo na melhoria do estilo de vida sedentário de adultos jovens, melhorando a flexibilidade dos isquiotibiais usando a intervenção TLAI.

A fraqueza do estudo é que outros vários fatores, incluindo alterações hormonais que ocorrem nos indivíduos, não serão levados em consideração. O estudo incluiu apenas participantes cegos, mas não foi possível realizar outro tipo de cegamento, o que pode levar ao risco de viés.

Neste estudo, os participantes serão beneficiados com o TLAI, pois esse melhora as atividades diárias de um indivíduo e evita a probabilidade de lesão muscular, melhorando o comprimento do músculo isquiotibial. A probabilidade de dor lombar e lesão muscular será diminuída e resultará em melhor condição de vida e estilo de vida ativo. Este protocolo detalha o estudo para investigar a eficácia do TLAI em melhorar a flexibilidade dos isquiotibiais entre indivíduos normais.

Contribuições dos autores

Samuel AJ, Goyal M, Srivastav AK, participaram da concepção e delineamento do estudo, aquisição dos dados, análise e interpretação dos dados, redação do manuscrito e revisão crítica.

Conflitos de interesse

Nenhum conflito financeiro, legal ou político envolvendo terceiros (governo, empresas e fundações privadas, etc.) foi declarado para nenhum aspecto do trabalho submetido (incluindo, mas não se limitando a subvenções e financiamentos, participação em conselho consultivo, desenho de estudo, preparação de manuscrito, análise estatística, etc.).

Indexadores

A Revista Pesquisa em Fisioterapia é indexada no [DOAJ](#), [EBSCO](#), [LILACS](#) e [Scopus](#).



Referências

1. Akinpelu AO, Bakare U, Adegoke B. Influence of age on hamstring tightness in apparently healthy Nigerians. *J Nig Soc Physiother* [Internet]. 2005;15(2):35-41. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/JNSP/article-abstract/AA1043B65313>
2. Waseem M, Nuhmani S, Ram CS. Efficacy of Muscle Energy Technique on hamstring muscles flexibility in normal Indian collegiate males. *Calicut Med J* [Internet]. 2019;(7):e4. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237465835_Efficacy_of_Muscle_Energy_Technique_on_hamstring_muscles_flexibility_in_normal_Indian_collegiate_males
3. Kalyani RR, Corriere M, Ferrucci L. Age-related and disease-related muscle loss: the effect of diabetes, obesity, and other diseases. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2014;2(10):819-29. [https://doi.org/10.1016/s2213-8587\(14\)70034-8](https://doi.org/10.1016/s2213-8587(14)70034-8)
4. Arentson-Lantz EJ, Galvan E, Ellison J, Wachter A, Paddon-Jones D. Improving dietary protein quality reduces the negative effects of physical inactivity on body composition and muscle function. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2019;74(10):1605-11. <https://doi.org/10.1093/gerona/glz003>
5. Fatima G, Qamar MM, Hasan JU, Basharat A. Extended sitting can cause hamstring tightness. *Saudi J Sport Med*. 2017;17(2):110-4. https://doi.org/10.4103/sjism.sjism_5_17
6. Derbachew A. Flexibility Augmented by Heat-applied Stretching Exercise Compared to Exercise Without Additional External Heat. *American Journal of Life Sciences*. 2020;8(4):69-75. <http://dx.doi.org/10.11648/j.ajls.20200804.14>
7. Draper DO, Anderson C, Schulthies SS, Ricard MD. Immediate and Residual Changes in Dorsiflexion Range of Motion Using an Ultrasound Heat and Stretch Routine. *J Athl Train*. 1998;33(2):141-4. Citado em: PMID: [16558501](#).
8. Støve MP, Hirata RP, Palsson TS. Muscle stretching—the potential role of endogenous pain inhibitory modulation on stretch tolerance. *Scand J Pain*. 2019;19(2):415-22. <https://doi.org/10.1515/sjpain-2018-0334>
9. Kiyono R, Sato S, Inaba K, Yahata K, Nakamura M. Time course of changes in range of motion, muscle shear elastic modulus, spinal excitability, and muscle temperature during superficial icing. *Sport Sci Health*. 2021;17:341-6. <https://doi.org/10.1007/s11332-020-00693-9>
10. Stephenson SD, Kocan JW, Vinod AV, Kluczynski MA, Bisson LJ. A comprehensive summary of systematic reviews on sports injury prevention strategies. *Orthop J Sports Med*. 2021;9(10):23259671211035776. <https://doi.org/10.1177/23259671211035776>
11. Baroni BM, Leal Junior ECP, Marchi T, Lopes LL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110:789-96. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1562-z>
12. Tsuk S, Lev YH, Fox O, Carasso R, Dunsky A. Does photobiomodulation therapy enhance maximal muscle strength and muscle recovery?. *J Hum Kinet*. 2020;73(1):135-44. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0138>
13. Baroni BM, Rodrigues R, Freire BB, Franke RA, Geremia JM, Vaz MA. Effect of low-level laser therapy on muscle adaptation to knee extensor eccentric training. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115:639-47. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-3055-y>
14. Tomazoni SS, Machado CSM, Marchi T, Casalechi HL, Bjordal JM, et al. Infrared low-level laser therapy (photobiomodulation therapy) before intense progressive running test of high-level soccer players: Effects on functional, muscle damage, inflammatory, and oxidative stress markers—A randomized controlled trial. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2019;2019. <https://doi.org/10.1155/2019/6239058>
15. Ferraresi C, Oliveira TB, Zafalon LO, Reiff RBM, Baldissera V, Perez SEA, et al. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Laser Med Sci*. 2011;26:349-58. <https://doi.org/10.1007/s10103-010-0855-0>
16. Rola P, Włodarczak S, Lesiak M, Doroszko A, Włodarczak A. Changes in Cell Biology under the Influence of Low-Level Laser Therapy. *Photonics* 2022;9(7):502. <https://doi.org/10.3390/photonics9070502>
17. 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. <https://doi.org/10.1089/pho.2005.23.273>

18. Marchi T, Ferlito JV, Ferlito MV, Salvador M, Leal-Junior ECP. Can Photobiomodulation Therapy (PBMT) Minimize Exercise-Induced Oxidative Stress? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Antioxidants*. 2022;11(9):1671. <https://doi.org/10.3390/antiox11091671>
19. Toma RL, Vassão PG, Assis L, Antunes HKM, Claudia A. 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;31:1219-29. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-1967-y>
20. Boutron I, Altman DG, Moher D, Schulz KF, Ravaud P, CONSORT NPT Group*. CONSORT statement for randomized trials of nonpharmacologic treatments: a 2017 update and a CONSORT extension for nonpharmacologic trial abstracts. *Ann inter med*. 2017;167(1):40-7. <https://doi.org/10.7326/M17-0046>
21. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *Jama*. 2013;310(20):2191-4. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
22. Kuilart KE, Woollam M, Barling E, Lucas N. The active knee extension test and Slump test in subjects with perceived hamstring tightness. *Int J Osteopath Med*. 2005;8(3):89-97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijosm.2005.07.004>
23. Lim WT. Influence of successive active knee extension tests on hamstring flexibility. *JKPTS*. 2021;28(1):76-84. <https://doi.org/10.26862/jkpts.2021.06.28.1.76>
24. Miyamoto N, Hirata K, Kimura N, Miyamoto-Mikami E. Contributions of hamstring stiffness to straight-leg-raise and sit-and-reach test scores. *Int J Sports Med*. 2018;39(2):110-14. <https://doi.org/10.1055/s-0043-117411>
25. Wells KF, Dillon EK. The Sit and Reach — A Test of Back and Leg Flexibility. *Res Q Exerc Sport*. 1952;23(1):115-18. <https://doi.org/10.1080/10671188.1952.10761965>
26. Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*. 2007;39:175-91. <https://doi.org/10.3758/bf03193146>
27. Medeiros DM, Aimi M, Vaz MA, Baroni BM. Effects of low-level laser therapy on hamstring strain injury rehabilitation: A randomized controlled trial. *Phys Ther Sport*. 2020;42:124-30. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2020.01.006>