



Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa

Licenciatura em Fisioterapia

Projeto de Graduação

A efetividade da aplicação de eletroestimulação no aumento de força muscular do quadríceps em indivíduos sedentários e saudáveis: uma revisão de literatura

Alejandro Gallego Lafuente
Estudante de Fisioterapia
Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa
36191@ufp.edu.pt

Aderito Seixas
Orientador
Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa
aderito@ufp.edu.pt

Porto, maio de 2021

Resumo

Introdução: A eletroestimulação é uma técnica utilizada em Fisioterapia que consiste na aplicação de um impulso elétrico enviado ao nervo motor que posteriormente excita o músculo e provoca a contração do mesmo. A atividade física é necessária para um correto funcionamento dos músculos das extremidades superiores e inferiores, particularmente do músculo quadríceps nos membros inferiores. **Objetivo:** avaliar a efetividade da aplicação da eletroestimulação em treinos de fortalecimento do músculo quadríceps, em indivíduos saudáveis e sedentários. **Metodologia:** três bases de dados (*PubMed*, *Web of Science* e *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)*) foram utilizadas para efetuar a pesquisa. Foram incluídos artigos randomizados controlados, artigos nos que seja aplicada a EEM no músculo quadríceps, artigos escritos na língua Portuguesa, Inglesa ou Espanhola, em indivíduos saudáveis, não treinados, de gênero masculino e/ou feminino, maiores de 18 anos de idade. **Resultados:** Um total de 906 artigos foram identificados, dos quais 5 foram incluídos, de acordo com os critérios de inclusão. **Conclusão:** A aplicação de EEM com frequências de 4Hz a 100Hz, no aumento de força muscular do músculo quadríceps é significativamente efetiva, combinada com CV ou isoladamente, em indivíduos adultos, sedentários e saudáveis. **Palavras-chave:** eletroestimulação, aumento muscular, saudáveis e sedentários.

Abstract

Introduction: Electrical Stimulation is a technique used in Physiotherapy which applies electrical impulses to the motor nerve, excites de muscle and causes its contraction. Physical activity is necessary for the correct muscle function of the upper and lower extremities, specially the quadriceps muscle in the lower limbs. **Objective:** to evaluate the effectiveness of the application of electrical stimulation in quadriceps muscle strengthening training in healthy and sedentary individuals. **Methodology:** three databases (*PubMed*, *Web of Science* and *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)*) were used to carry our the research. Randomized controlled articles, in which EEM is applied to the quadriceps muscle, written in Portugrese, English or Spanish language, and with healthy, untrained, male and/or female individuals over the age of 18 were included. **Results:** a total of 906 articles were identified, of which 5 were selected, according to the inclusion criteria. **Conclusion:** the application of EEM with frequencies from 4Hz to 100Hz, in quadriceps muscle strength gains is significantly effective, combined with VC or in isolation, in sedentary and healthy adults. **Key words:** Electrical Stimulation, muscle increase, healthy and sedentary.

Introdução

A Eletroestimulação Muscular (EEM) ou Eletroestimulação Neuromuscular (EENM) é um tipo de eletroterapia, que consiste na estimulação dos grupos musculares por meio de correntes elétricas através de eletrodos aplicados na superfície corporal. A sua aplicação é feita em um músculo ou nervo periférico para atingir uma contração involuntária (Nussbaum et al., 2017).

Durante a Contração Voluntária (CV) em indivíduos saudáveis, as Unidades Motoras (UMs) são ativadas de menor (fibras musculares tipo I) a maior (fibras musculares tipo II). No entanto, durante a aplicação de NMES, as UMs são ativadas de maior (tipo II) a menor (tipo I), independentemente da intensidade da corrente aplicada, causando uma maior exigência metabólica do músculo e, por isso, uma maior adaptação fisiológica (Stratton, 2016).

Apesar disso, segundo Paillard (2008) o trabalho de exercícios voluntários exhibe maiores ganhos de força muscular em comparação com aqueles que foram treinados apenas com EEM. Nesse sentido, a combinação da CV e a aplicação de EENM poderá ser uma estratégia mais eficaz no fortalecimento muscular, quando comparada com estratégias de treinamento aplicadas separadamente, tendo sido documentado que aumentam a força e potência muscular em indivíduos saudáveis (Herrero et al., 2010).

Os músculos quadríceps são verdadeiros órgãos ativos do movimento, realizando um papel fundamental na estabilidade e carga da articulação do joelho. A estabilidade dinâmica da articulação do joelho pode ser comprometida quando os músculos quadríceps estão fracos e são incapazes de controlar adequadamente a deambulação, aumentando assim, os riscos de danos às estruturas articulares. Tais alterações também podem reduzir a absorção de forças, prejudicando a capacidade de dissipar as cargas da articulação do joelho e aumentando assim o stress e o contato articular. Estas alterações de controle neuromuscular podem, inclusive, levar à lesão das estruturas do joelho (Englund, 2010).

Considera-se pertinente realizar o meu estudo devido à importância que o músculo quadríceps tem na prevenção e recuperação em diversas doenças, tais como: artrite reumatóide, plica sinovial, osteoartrite, lesões ligamentares, lesões dos meniscos e condromalácia patelar. Pelo que uma alteração da musculatura do quadríceps, tal como uma atrofia muscular vai influenciar diretamente em todas estas patologias. Em termos gerais, foi observada e valorada as incidências e prevalências das diferentes doenças que irão causar ou que são causadas por

uma alteração muscular, pelo que considera-se que o reforço muscular mais efetivo é um ponto importante a ser valorizado e tratado (Calisté et al., 2008 e Pacheco, Arango, Jiménez e Aballe, 2009).

A atividade física é necessária para uma função correta dos músculos das extremidades superiores e inferiores, particularmente do músculo quadríceps nos membros inferiores. Pelo que, os estudos selecionados são centrados na fraqueza do músculo quadríceps, importante na realização de funções, tais como: manter a posição ortostática, subir e descer escadas, caminhar, capacidade proprioceptiva e equilíbrio (Power, Dalton e Rice, 2013).

O objetivo desta revisão bibliográfica foi avaliar a intervenção sobre a efetividade da aplicação da eletroestimulação em treinos de fortalecimento do músculo quadríceps, em indivíduos saudáveis e sedentários.

Metodologia

Esta revisão foi reportada com base na declaração *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Page et al., 2021).

Crítérios de elegibilidade

Foram definidos os critérios de elegibilidade na seleção dos artigos a incluir na revisão: artigos controlados randomizados; artigos nos que seja aplicada a EEM no músculo quadríceps; artigos escritos na língua Portuguesa, Inglesa ou Espanhola; que incluam indivíduos saudáveis, não treinados, de género masculino e/ou feminino, maiores de 18 anos de idade.

Definições operacionais

No âmbito desta revisão, entende-se eletroestimulação como uma técnica utilizada em Fisioterapia através de um aparelho que consiste na aplicação de um impulso elétrico enviado ao nervo motor que posteriormente excita o músculo e provoca a contração do mesmo, fazendo assim, uma transmissão de informação entre o sistema nervoso e as fibras musculares, e podendo assim auxiliar deste modo uma maior contração muscular, atingindo uma maior intensidade e força (Dehail, 2008).

Para avaliar a efetividade dos estudos, selecionou-se as variáveis *Maximum voluntary isometric contraction* (MVIC), medida em Newtons (N), *Maximal isometric torque knee extension*, medido em Newton-metro (Nm) e *Cross-sectional área* (CSA), medido em cm².

Estratégias de Pesquisa

Para o presente trabalho foi realizada uma pesquisa computadorizada nas bases de dados *PubMed*, *Web of Science* e *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)* de modo a seleccionar artigos randomizados controlados, que avaliassem a efetividade da aplicação de electroestimulação em treinos de força muscular do quadríceps.

Nas bases de dados *PubMed* e *Web of Science* foi utilizada a seguinte expressão de pesquisa: (*quadriceps OR quadricipitis OR "knee extensors"*) AND (*electrostimulation OR electrotherapy OR "electrical stimulation" OR "muscle stimulation" OR "muscular stimulation"*) AND (*strengthening OR "muscle strength" OR "muscular strength"*). Na base de dados PEDro foram utilizados os parâmetros “*quadriceps electrostimulation*”, “*quadriceps electrical stimulation*”, “*quadriceps electrotherapy*”, “*quadriceps muscle stimulation*”, “*quadriceps muscular stimulation*” e “*quadriceps muscular electrostimulation*”.

Após uma remoção dos artigos duplicados, foi realizada uma leitura dos títulos e do *abstract*, e os artigos não relacionados com os critérios em questão foram excluídos. Posteriormente à seleção dos artigos, de acordo com os critérios de inclusão, foi avaliada a qualidade metodológica individual dos mesmos, com recurso à escala PEDro. Desta forma, foi possível classificar os referidos artigos de forma quantitativa para os estudos controlados randomizados, sendo avaliados mediante 11 critérios. Porém, o primeiro critério referente à validade externa, não entra no cálculo do valor final da escala de PEDro (Tabela 1).

Finalmente, uma leitura do texto completo dos artigos encontrados na pesquisa efetuada, retirando a informação essencial para esta revisão sistemática sobre: a população, a intervenção relacionada com a variável MVIC, *Maximal isometric torque knee extension* e *Cross-sectional área* (CSA) e resultados dos pacientes.

Resultados

Um total de 906 artigos foram identificados através de uma pesquisa nas bases de dados de *PubMed*, *PEDro* e *Web of Science*, após remoção de duplicados, 652 artigos foram identificados. Durante o processo de rastreamento 617 artigos foram excluídos por não estarem relacionados com a questão de pesquisa, foi revisto o texto integral de 35 artigos.

Após uma análise dos mesmos, 30 artigos foram excluídos (12 artigos apresentavam alguma doença dos participantes, 13 artigos foram realizados com participantes desportistas, 1 artigo não falava do músculo quadríceps, 1 artigo estava fora do tema e 3 artigos não tinham grupo controlo). No final, 5 artigos foram incluídos na revisão sistemática. O processo de seleção dos artigos foi realizado mediante um fluxograma PRISMA (Figura 1).

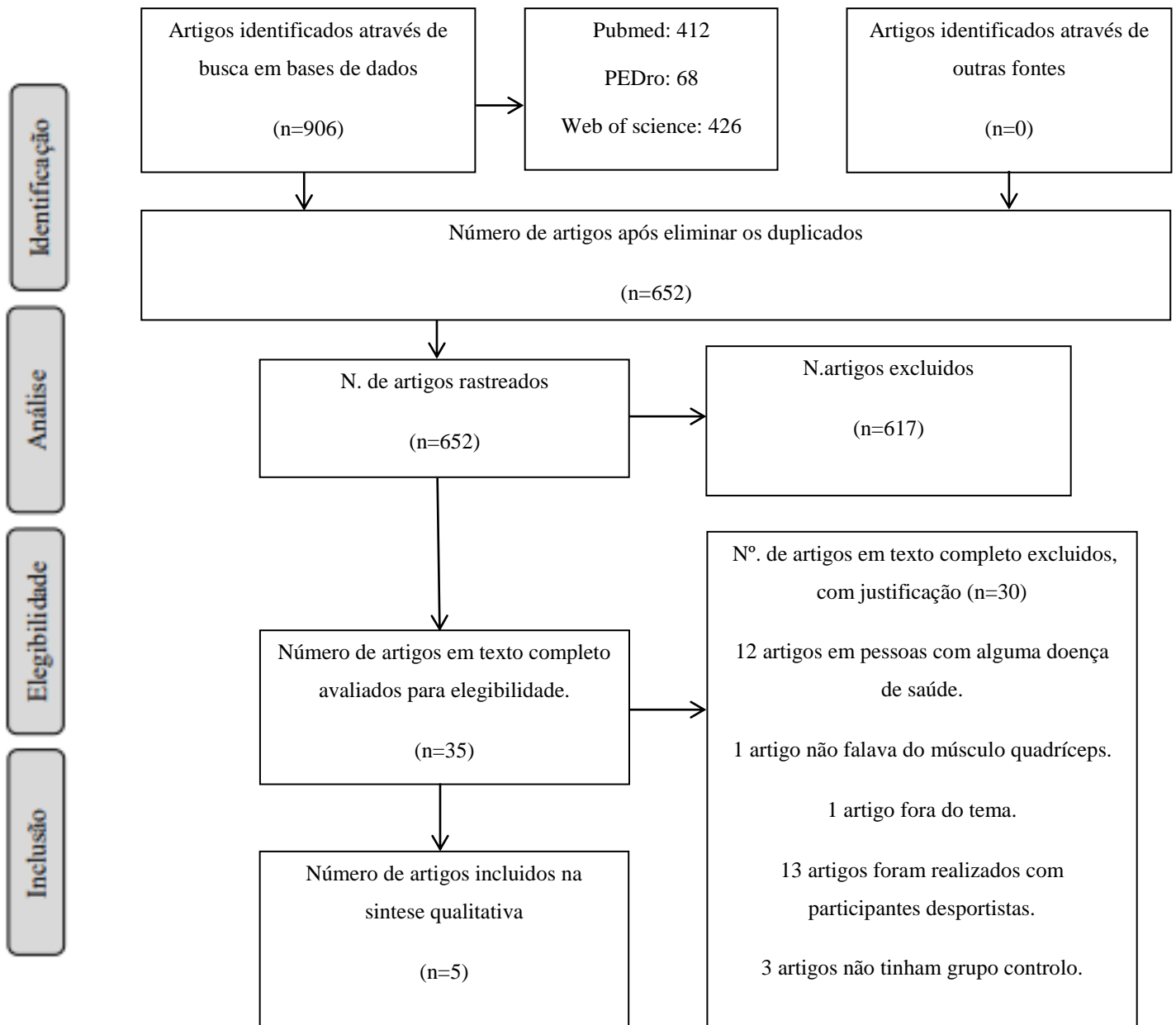


Figura 1: Fluxograma PRISMA representando o processo de seleção dos artigos.

Tabela 1: Análise de qualidade metodológica dos artigos em estudo segundo a escala PEDro.

Autor/ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Kadri et al. (2017)	Sim	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7/10
Takano et al. (2010)	Sim	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8/10
Toca-Herrera (2008)	Sim	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7/10
Banerjee et al. (2005)	Sim	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	6/10
Parker et al. (2003)	Sim	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7/10

Crítérios: 1 = Elegibilidade (Yes/No); 2 = Distribuição aleatória; 3 = Distribuição cega; 4 = Comparação ao nível de referência; 5 = Sujeitos cegos; 6 = Fisioterapeutas cegos; 7 = Avaliadores cegos; 8 = Seguimento adequado; 9= Intenção de tratamento; 10 = Comparações estatísticas inter-grupos; 11 = Medidas de precisão e de variabilidade. Para os itens 2-11, 0 indica que o critério não foi satisfeito e 1 indica que o critério foi satisfeito.

Descrição dos estudos

O número total de indivíduos incluídos nos 5 estudos foi de 134, com uma amostra mínima de 15 e uma amostra máxima de 36. Nestes 5 artigos, 3 apresentam participantes de género misto, e 2 apresentam unicamente género masculino. A idade compreendida nos estudos foi de os 18 até os 72 anos. Todos os participantes referem um estado saudável, sem patologias existentes. As intervenções apresentaram uma duração de 4 a 12 semanas, realizando tratamentos de 2-5 vezes por semana, com uma duração de 10-40 minutos por sessão.

Kadri et al. (2017) estudou a efetividade do treino de EEM (correntes bifásicas de 50Hz) e a CV isolada. O estudo tinha 3 grupos, um grupo controle sem intervenção, e dois grupos com intervenções 3 vezes por semana, durante 8 semanas. Os resultados foram aumentos de força muscular significativamente para os dois grupos, demonstrando assim, a efetividade de ambos tratamentos de forma isolada.

Takano et al. (2010) comparou a efetividade da combinação de EEM (correntes Russas de 40Hz) com CV dos músculos extensores do joelho, e a CV com carga adicional, realizando treinos de 19 minutos, 2 vezes por semana, durante 12 semanas. Os resultados foram de ganhos significativos para os dois grupos (aumentou a força muscular um 39% para o grupo combinado e 42% para o grupo com carga adicional), assim demonstrando, quase a mesma efetividade.

Toca-Herrera et al. (2008) estudou a efetividade da EEM (corrente bifásica de 100Hz) unilateral no membro inferior (MI) dominante, realizando treinos de 10 minutos com contrações isométricas (um total de 30 contrações). Demonstrou o aumento de força muscular do quadríceps realizando treinos de EEM combinada com CV.

Banerjee et al. (2005) estudou os efeitos da EEM (contrações rítmicas de 4Hz) na aptidão física, realizando exercício físico (EF) de 60 minutos por sessão, 5 vezes por semana, durante 6 semanas (um total de 29 sessões). O estudo demonstrou o aumento de força muscular.

Parker et al. (2003) estudou a efetividade da EENM (corrente sinusoidal de 50 Hz) em treinos de força muscular do músculo quadríceps femoral. O estudo foi realizado com 3 grupos, um grupo controle e dois grupos com treinos de 10 minutos, 2 e 3 sessões por semana, durante 4 semanas. Foi demonstrado que o aumento de força muscular é significativamente maior quando é realizado um treino combinado, 3 sessões por semana durante 4 semanas.

O sumário dos artigos esta presente na tabela 2.

Tabela 2: Características e resumo de cada estudo incluído na revisão

Autor/Ano	Amostra	Objetivo	Procedimento/Intervenção	Instrumentos de avaliação	Resultados
Kadri, Noe, Nouar e Paillard (2017)	-GE: n= 12 indivíduos. -GM: n= 12 indivíduos. -GC: n= 12 indivíduos.	Comparar os efeitos do treinamento de força unilateral por meio de contrações estimuladas (correntes bifásicas de 50Hz) e voluntárias no músculo quadríceps.	-GE: Intervenção com EEM de 3 dias por semana, durante 8 semanas. -GM: Intervenção de 43 contrações musculares voluntárias isométrica de 7 segundos, com 7 segundo de repouso entre contrações (um total de 35 minutos), 3 dias por semana, durante 8 semanas, -GC: Sem intervenção.	- <i>Isometric strength-testing chair (SWB, Rangers, Batna, Algeria)</i> - <i>Force sensor (SSM AJ 2000N, PM Instrumentation, Courbevoie, France)</i> <i>linked to the chair.</i>	Os valores aumentaram significativamente mediante o MVIC para o GE (p<0,009) e o GM (p<0,02), aumentando os ganhos de força.
Takano et al. (2010)	-GEM: n=10 indivíduos. -GM n=10 indivíduos.	Investigar o efeito do treinamento que combina a eletroestimulação (correntes Russas de 40Hz) e a contração voluntária na força extensora do joelho de ambos MIs.	-GEM: Intervenção de 19 minutos por sessão, 2 vezes por semana, durante 12 semanas (um total de 24 sessões), CV dos extensores do s joelhos comiando com EEM, em posição de sentado, realizando 10 séries de 10 repetições por MI. -GM: Intervenção de 19 minutos por sessão, 2 vezes por semana, durante 12 semanas (um total de 24 sessões), CV dos extensores dos joelhos com peso aproximado de 20-25 de 1 Repetição máxima (RM), em posição de sentado, realizando 10 séries de 10 repetições por MI.	- <i>Biodex System3-PRO isokinetic dynamometer (Biodex MedicalSystems Inc., Shirely, NY, EUA.</i> - <i>Magnetic resonance imaging (MRT-50A Filexeret ; Toshiba MEDical System Co., Tochigi, Japan).</i>	Em ambos os grupos, o <i>maximal isometric torque knee extension</i> aumentou significativamente desde o pré-treinamento até o período pós-treinamento (39% no GEM e 42% no GM, p<0,05) e o CSA aumentou 9% no GEM e 14% no grupo GM p<0,05.

Toca-Herrera, Gallach, Gomis e Gonzalez (2008).	-GEM: n= 18 indivíduos. -GC n= 18 indivíduos.	Efetividade da EEM (corrente bifásica de 100Hz) unilateral do MI não dominante.	-GEM: Intervenção da perna não dominante durante 10 minutos com contrações isométricas (um total de 30 contrações). -GC: Sem intervenção.	- <i>Machine extensor knee muscle</i> , fixada na parte final do braço a <i>Load cell</i> (CTCS250; Mutronic, Madrid, Spain).	A força mediante o MVIC aumentou significativamente para o GEM com um valor de 5,11% (p<0,001).
Benerjee, Caulfield, Crowe, e Clark (2005)	-GEM: n= 9 indivíduos. -GC: n= 6 indivíduos.	Investigar os efeitos da EEM (contrações rítmicas de 4Hz) na aptidão física,	-GEM: Intervenção de EEM com exercício físico (EF) 60 minutos por sessão, 5 vezes por semana, durante 6 semanas (um total de 29 sessões). -GC: Sem intervenção.	- <i>Dynamometer (AFTI Torque/Force Indicator)</i> .	Os valores do MVIC são significativos para EEM combinada com EX aumentando 87.5 ± 55.9 N (p<0,05).
Parker et al. (2003)	-GE1: n= 10 indivíduos. -GE2: n= 10 indivíduos. -GC: n= 7 indivíduos.	Determinar a efetividade da EEM (corrente sinusoidal de 50 Hz em treinos de força muscular do músculo quadríceps femoral.	-GE1: Intervenção de 2 vezes por semana, durante 10 minutos por sessão, durante 4 semanas (um total de 8 sessões). -GE2: Intervenção de 3 vezes por semana, durante 10 minutos por sessão, durante 4 semanas (um total de 12 sessões). -G1: Sem intervenção.	- <i>Oscilloscope of a Gould Windograf recorder</i> (Gould Electronics, Inc., Valley View, OH).	A EEM causou aumentos significativos (p<0,5) na força do músculo quadríceps femoral quando é utilizado em 3 sessões de treinamento por semana durante 4 semanas em comparação ao GC, nos valores do MVIC.

Legenda: CSA, *cross-sectional área*; CV, contração voluntária; EEM, eletroestimulação muscular; EF, exercício físico; EX, exercício; GC, grupo controle; GE, grupo eletroestimulação muscular; GEM, grupo eletroestimulação muscular combinado com contração voluntária muscular; GM, grupo contração voluntária muscular; MI, membro inferior; MVIC, *maximum voluntary isometric contraction*.

Discussão

O objetivo principal desta revisão bibliográfica foi avaliar a intervenção sobre a efetividade da aplicação da técnica em fisioterapia, EEM, em treinos de força muscular do quadríceps em indivíduos adultos, sedentários e saudáveis. Os resultados desta revisão parecem sugerir uma melhoria significativa dos ganhos de força muscular do quadríceps com a aplicação de EEM combinada com EF, assim como, isoladamente.

Parker et al. (2003) e Kadri, Noe, Nouar e Paillard (2017) demonstraram a efetividade da aplicação de EEM isoladamente em comparação a um GC, utilizando correntes sinusoidais e bifásicas de 50 Hz. Kadri, Noe, Nouar e Paillard (2017) também demonstraram a efetividade da CV isolada no aumento de força muscular, e Parker et al. (2003) sugere que um programa com 3 sessões por semana, durante 4 semanas, permite obter ganhos musculares mais significativos. Demonstraram que a aplicação de EEM, estimulando as fibras de maior a menor tamanho, resulta um tratamento significativamente efetivo no aumento de força muscular do quadríceps, sendo assim, o MVIC o parâmetro de referência.

Os estudos de Toca-Herrera, Gallach, Gomis e Gonzalez (2008) e Benerjee, Caulfield, Crowe, e Clark (2005) demonstraram a efetividade da aplicação da EEM combinada com CV em comparação a um GC, utilizando correntes rítmicas de 4Hz e bifásicas de 100 Hz. O recrutamento de fibras musculares rápidas e lentas de forma simultânea parece ser um tratamento para tomar em consideração, com resultados significativos de aumento de força muscular.

Takano et al. (2010) estudou a efetividade da combinação de EEM (correntes Russas de 40Hz) e CV dos músculos extensores do joelho, em comparação à aplicação da CV com carga adicional. Os resultados foram aumentos quase similares de ganhos de força muscular em ambos grupos, evidenciando assim, que o tratamento combinado de EEM e CV, e CV com carga são tratamentos efetivos em indivíduos adultos, sedentários e saudáveis.

A EEM foi bem tolerada pela totalidade dos indivíduos incluídos nos estudos selecionados para esta revisão. No entanto, segundo Miller e Thepaut-Mathieu (1990), a intensidade da corrente surge frequentemente na literatura como sendo baseada no limiar de tolerância individual, dificultando a interpretação da quantidade de esforço quando se recorre à EEM. As correntes utilizadas nos estudos incluídos estão compreendidas entre os 4Hz e os 100Hz, o que sugere que são correntes bem toleradas no espectro de frequências utilizado.

A melhoria dos ganhos de força muscular mediante a aplicação de EEM pode ter sido alcançado pela estimulação das vias aferentes dos motoneurônios espinhais, o que aumenta a excitabilidade das sinapses neurais e melhora a sincronização dos padrões de ativação das UMs (Stratton, 2016). Segundo Delitto e Snyder-Mackler (1990) o recrutamento seletivo de fibras grandes de contração rápida tipo II, relativamente às fibras pequenas de contração lenta de tipo I, também pode contribuir para a efetividade da aplicação de EEM nos ganhos de força muscular.

Uma das vantagens da aplicação de EEM é a ausência de sobrecarga articular, sendo uma intervenção adequada para indivíduos em que a sobrecarga articular pode exacerbar condições articulares degenerativas, como osteoartrite em fases avançadas (Golightly, Allen e Caine, 2012). É razoável esperar que as melhorias sugeridas pelos estudos incluídos nesta revisão, em indivíduos adultos, saudáveis e não treinados, também podem ser alcançadas em populações incapazes de se envolver em exercício voluntário, tais como em casos pós-operatórios de ligamentoplastia do joelho (López, Fernández, Gutiérrez e Forriol, 2011).

Por outro lado, os estudos sugerem que a combinação da aplicação de EEM com CV, de forma dinâmica, poderá ser mais efetiva que a aplicação do treino de forma isolada em indivíduos adultos, sedentários e saudáveis, pelo recrutamento de um número maior de fibras musculares (Stratton, 2016). Além disso, não se demonstrou que a CV com EEM é mais significativa que a CV com carga adicional.

Limitações do estudo

O estudo apresenta algumas limitações, como as bases de dados utilizadas, sendo que poderiam ser utilizadas mais bases de dados para uma pesquisa mais completa; limitações no tamanho da amostra, podendo conseguir um resultado mais fiável e limitações para encontrar estudos com características similares que permitam contrastar os resultados expostos e obtidos.

Conclusão

Pode-se concluir que a aplicação de EEM com frequências de 4Hz a 100Hz, no aumento de força muscular do músculo quadríceps é significativamente efetiva, combinada com CV ou isoladamente, em indivíduos adultos, sedentários e saudáveis.

São necessários mais estudos de qualidade e amostras de maior tamanho para ser possível extrapolar dados com maior fiabilidade. Estudar a efetividade das diferentes frequências de EEM no aumento de força muscular, e a aplicação de EEM em estudos com mais diversidade de grupos e tratamentos são possíveis temas de interesse a valorar.

Bibliografia

Benerjee, P., Caulfield, B., Crowe, L. e Clark, A. (2005). Prolonged electrical muscle stimulation exercise improves strength and aerobic capacity in healthy sedentary adults. *J Appl Physiol*, 99, 2307-2311.

Calisté, O., Morasen, R., Fresneda, J., Matamoros, A. e Jorge, C. (2008). La plica mediopatelar. Diagnóstico y terapéutica endoscópica. *Reumatología*, 15, 1817-5996.

Dehail, P. (2008). Electrical stimulation and muscle strengthening. *Ann Readapt Med Phys*, 51, 441-51.

Delitto, A. e Snyder-Mackler, L. (1990). Two theories of muscle strength augmentation using percutaneous electrical stimulation. *Phys Ther*, 70, 158-164.

Englund, M. (2010). The role of biomechanics in the initiation and progression of OA of the knee. *Best Pract Res Clin Rheumatol*, 24(1), 39-46.

Golightly, Y., Allen, K. e Caine, D. (2012). A comprehensive review of the effectiveness of different exercise programs for patients with osteoarthritis. *Phys Sportsmed*, 1, 52-65.

Herrero, A., Martín, J., Martín, T., Abadía, O., Fernández, B. e García-López, D. (2010). Short-term effect of plyometrics and strength training with and without superimposed electrical stimulation on muscle strength and anaerobic performance: A randomized controlled trial. Part II. *J Strength Cond Res*, 24(6), 1616-1622.

- Kadri, M., Noe, F., Nouar, M. e Paillard, T. (2017). Effects of training programs based on ipsilateral voluntary and stimulated contractions on muscle strenght and monopodal postural control of the contralateral limb. *Eur J Appl Physiol*, 117, 1799-1806.
- López, H., Fernández, L., Gutiérrez, J. e Forriol, F. (2011). Protocolo cinético en la rotura del ligamento cruzado anterior. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*, 55(1), 9-18.
- Miller, C. e Thepaut-Mathieu, C. (1990). Facteurs conditionnant l'efficacité de l'entraînement par l'électro-stimulation. *Cinésiologie*, 29, 147-55.
- Nussbaum, L., Houghton, P., Anthony, J., Rennie, S., Shay, B. e Hoens, A. (2017). Neuromuscular Electrical Stimulation for Treatment of Muscle Impairment: Critical Review and Recommendations for Clinical Practice. *Physiother Can*, 69(5), 1-76.
- Pacheco, E., Arango, A., Jiménez, R. e Aballe, Z. (2009). Las lesiones intraarticulares de la rodilla evaluadas por artroscopia, su relación con la clínica y la Imagenología. *Rev Mex Ortop Traum*, 21, 1561-3100.
- Page, M., Moher, D., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., Shamseer, L., Tetzlaff, J., Akl, E., Brennan, S., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J., Hróbjartsson, A., Lalu, M., Li, T., Loder, E., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L., Stewart, L., Thomas, J., Tricco, A., Welch, V., Whiting, P. e McKenzie, J. (2021). Prisma 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372.
- Paillard, T. (2008). Combined application of neuromuscular electrical stimulation and voluntary muscular contractions. *Sports Med*, 38(2), 161-177.
- Parker, M., Bennett, M., Hieb, M., Hollar, A. e Roe, A. (2003). Strenght response in human quadriceps femoris muscle during 2 neuromuscular electrical stimulation programs. *Journal of orthopaedic and sports therapy*, 33(12), 719-726.
- Power, G., Dalton, B. e Rice, C. (2013). Estrutura neuromuscular humana e função na velhice: uma breve revisão. *J Sport Health Sci*, 2, 215–226.
- Stratton, K. (2016). Electrically and hybrid-induced muscle activations: effects of muscle size and fiber type. *Eur J Transl Myol*, 26(3), 249–54.

Takano, Y., Haneda, Y., Maeda, T., Sakai, Y., Matsuse, H., Kawaguchi, T., Tagawa, Y. e Shiba, N. (2010). Increasing muscle strength and mass of thigh in elderly people with the hybrid training method of electrical stimulation and volitional contraction. *Tohoku J Exp Med.*, 221, 77-85.

Toca-Herrera, J., Gallach, J., Gomis, M. e Gonzalez, L. (2008). Cross-education after one sesión of unilateral surface electrical stimulation of the rectus femoris. *Journal of strenght and conditioning research*, 22(2), 614-618.