

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CEILÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

VINÍCIUS ARAÚJO BISPO

ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR PARA O FORTALECIMENTO
MUSCULAR, FUNÇÃO E DOR EM PACIENTES COM OSTEOARTRITE DO JOELHO:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE

BRASÍLIA
2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CEILÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

VINÍCIUS ARAÚJO BISPO

ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR PARA O FORTALECIMENTO
MUSCULAR, FUNÇÃO E DOR EM PACIENTES COM OSTEOARTRITE DO JOELHO:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, como parte dos requisitos necessários para à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Quagliotti Durigan

Brasília
2018

Ficha catalográfica elaborada automaticamente, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B622 Bispo, Vinícius Araújo
Estimulação elétrica neuromuscular para o fortalecimento muscular, função e dor em pacientes com osteoartrite do joelho : uma revisão sistemática com meta-análise / Vinícius Araújo Bispo. -- Brasília, 2018.
43 p. ; 29,7 cm

Dissertação (Mestrado – Mestrado em Ciências da Reabilitação) – Universidade de Brasília (Faculdade de Ceilândia), 2018

Orientação: João Luiz Quagliotti Durigan

Inclui bibliografia.

1. Estimulação elétrica neuromuscular. 2. Aptidão física. 3. Osteoartrite. 4. Fisioterapia. I. Durigan, João Luiz Quagliotti, orient. II. Título.

CDU 615.81

FOLHA DE APROVAÇÃO

DISSERTAÇÃO APRESENTADA E AVALIADA EM: 23/02/2018

ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR PARA O FORTALECIMENTO
MUSCULAR, FUNÇÃO E DOR EM PACIENTES COM OSTEOARTRITE DO JOELHO:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE

VINÍCIUS ARAÚJO BISPO

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Luiz Quagliotti Durigan
Orientador
Faculdade de Ceilândia – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Pedro Olavo de Paula Lima
Membro externo
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Lídia Mara Aguiar Bezerra de Melo
Membro interno
Faculdade de Educação Física – Universidade de Brasília

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por se fazer presente e por ser o maior responsável das obras realizadas em minha vida. Em segundo, dedico aos meus pais e padrinhos, que foram pessoas imprescindíveis para a minha formação pessoal e acadêmica. Em especial, dedico integralmente este trabalho a minha amada mãe, Edilene Maria Araújo de Lima e ao meu falecido pai Carlos Augusto Alves Bipo, por quem sinto profunda saudade e tenho um imenso amor. A toda minha família e amigos, por todo suporte dado a mim quando sempre precisei. Aos meus queridos irmãos, Victor Bispo e Vivian Bispo por fazerem parte da minha história. A minha noiva, Thaís Hall na qual tenho um amor e carinho incondicional. Ao meu sogro e minha sogra e aos meus sócios e amigos de profissão. Por fim, dedico este trabalho acadêmico a todos os professores que passaram em minha vida, onde sempre me ensinaram o verdadeiro valor da educação. Em especial, dedico esta obra ao eterno professor, Márcio Oliveira e ao meu orientador e mentor, João Luiz Quagliotti Durigan.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora, por serem indispensáveis em minha vida e por me fazerem forte na fé.

Agradeço imensamente a minha amada mãe, Edilene Maria Araújo e ao meu falecido pai Carlos Augusto Bispo, pessoa no qual amei incondicionalmente, por nunca terem me abandonado nos meus momentos de angústia. Pai, obrigado por ser parte ainda, do que me faz forte.

Agradeço aos meus irmãos, por serem sempre presentes em minha vida.

Ao meu padrinho José Geraldo Bispo e a minha madrinha Ilmara Ramos Bispo, por sempre me apoiarem e darem todo o suporte necessário em toda a minha vida.

Aos meus avós, Augusto Pereira Bispo, Gesulina Alves Maia, Nilda Araújo e Odilar Araújo, por todo o amor dado ao longo de todos os anos.

A todos os meus tios e tias, em especial Luiz Cláudio Bispo, Nádia Maria Bispo, Odinilton Araújo e Edileide Araújo por todo o carinho, amor e incentivo.

A minha Noiva, Thaís Hall por todo seu amor e por ser sempre presente em todos e melhores momentos da minha vida. Agradeço por me ajudar a enfrentar as batalhas diárias, sendo sempre perseverante e incrível.

Ao meu sogro André Hall e sogra Luzineide Carvalho, por sempre me darem todo o apoio necessário.

Aos meus primos, em especial Daniel Bispo, Mayara Bispo, Iago Pacheco, Guilherme Araújo e Diogo Oliveira por sempre torcerem, vibrarem e estarem comigo nos grandes e piores momentos.

Aos meus verdadeiros amigos, nos quais não irei citar nomes, para não ser injusto, por serem sempre presentes nos momentos que preciso.

Aos meus amigos e sócios, por compartilharem comigo todos os dias a alegria de executar essa belíssima profissão. Em especial, ao meu grande amigo Márcio Oliveira, por sempre ser uma base firme nos momentos difíceis.

Agradeço, de forma direta, pessoas que auxiliaram e sempre estiveram presentes para que este trabalho acontecesse. Em especial à Flávia, responsável pelo laboratório de força da UnB. As queridas amigas e companheiras de mestrado, Karenina Guida e Camila Cadena, por sempre me apoiarem e estarem presentes em todos os momentos desta etapa.

Aos amigos da Universidade de Brasília, Paulo Eugênio, Fabricio Barin, Pedro Oliveira, Gracielle Ramos, Karina Livino, Joana Darc e Júlia Magalhães.

Aos professores do PPGCR-UnB e, em especial, aos doutores Rita de Cássia Marqueti Durigan, Wagner Rodrigues Martins e Gerson Cipriano, por todo apoio e ensinamento em toda a jornada. E por fim, agradeço imensamente ao querido amigo e professor, João Luiz Quagliotti Durigan, por todos os ensinamentos, orientações pessoais e acadêmicas passadas a mim, nas quais se tornaram de extrema importância para o meu crescimento pessoal e profissional.

“A vontade de se preparar tem que ser maior do que a vontade de vencer.
Vencer será consequência da boa preparação”.

(Bernardinho)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do processo de revisão da literatura.

Figura 2 - Meta-análise do efeito da estimulação elétrica neuromuscular no aumento da força muscular isométrica.

Figura 3 - Meta-análise do efeito da estimulação elétrica neuromuscular associada ao exercício *versus* exercício convencional no aumento da força muscular isométrica.

Figura 4 - Meta-análise do efeito da estimulação elétrica neuromuscular *versus* controle no aumento da força muscular isométrica.

Figura 5 - Meta-análise do efeito da estimulação elétrica neuromuscular sobre o desfecho secundário: WOMAC dor.

Figura 6 - Meta-análise do efeito da estimulação elétrica neuromuscular sobre o desfecho secundário: WOMAC função.

Figura 7 - Meta-análise do efeito da estimulação elétrica neuromuscular sobre o desfecho secundário: Timed Up and Go (TUG).

TABELAS

Tabela 1. Características dos estudos incluídos

Tabela 2. Qualidade metodológica dos artigos incluídos (Escala PEDro)

RELAÇÃO DE ANEXOS

ANEXO 1. Protocolo de registro da revisão sistemática na PROSPERO.

SIGLAS

EENM: Estimulação Elétrica Neuromuscular

CIVM: Contração Isométrica Voluntária Máxima

WOMAC: Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index

EVA: Escala Visual Analógica

KG/F: Quilograma-força

N/m: Newton/metro

TUG: Timed Up and Go

MIT: Máxima Intensidade Tolerada

TTO: Tratamento

CDC: Centro de Controle e Prevenção de Doenças

ECRs: Ensaio Clínicos Randomizados

RESUMO

Desenho do estudo: Trata-se de um estudo do tipo revisão sistemática com meta-análise.

Introdução. A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) é amplamente utilizada como estratégia para melhorar o desempenho muscular. No entanto, os parâmetros físicos utilizados e a sua efetividade para promover um aumento na força muscular, redução da dor ou melhora na função física em pacientes com osteoartrite (OA) do joelho ainda não são completamente estabelecidos.

Objetivo: Investigar os efeitos da EENM na produção de força muscular, redução da dor e melhora da função física em pacientes com osteoartrite do joelho.

Métodos: A partir das palavras-chaves pré-estabelecidas, foram pesquisados apenas ensaios clínicos randomizados (ECRs) nas bases de dados: Pubmed, Embase, LILACS, PEDro e no Registro Central de Ensaio Controlado da Cochrane Central (CENTRAL). Dois revisores independentes selecionaram os estudos de acordo com os critérios de inclusão, extraíram os dados e avaliaram a qualidade metodológica.

Extração dos dados e síntese: Os estudos foram elegíveis para esta revisão se comparassem a intervenção realizada por meio da EENM de forma isolada ou combinada com o exercício *versus* um grupo que realizou exercício convencional ou um grupo controle (Sem nenhuma intervenção). Aqueles estudos que incluíram medidas de resultados para valores relacionados ao torque isométrico máximo, torque evocado (% Contração Isométrica Voluntária Máxima - CIVM), nível de desconforto alto relatado, escala de dor e nível da função física foram elegíveis para avaliação. Apenas onze estudos foram incluídos nesta revisão. Após realizar as análises estatísticas para os desfechos da força muscular isométrica, função física e dor, foi identificada uma diferença estatística significativa favorável apenas para um aumento da força muscular isométrica. Este resultado benéfico se restringe apenas para a comparação da utilização da EENM *versus* o grupo controle. A qualidade metodológica dos ensaios elegíveis foi moderada, com uma média de cinco pontos na escala PEDro.

Limitações: Algumas limitações surgem da estratégia de pesquisa para identificar estudos clínicos. Seguindo as recomendações da Cochrane Colaborações, as pesquisas foram complementadas pela identificação de possíveis estudos elegíveis na busca manual, bem como os registros de ensaios clínicos.

Conclusão: Sugere-se que a EENM comparada ao grupo controle oferece benefícios para promover um aumento na força muscular isométrica do músculo quadríceps femoral em pacientes com osteoartrite do joelho. Porém, a EENM não promove uma redução da dor ou melhora na função física nesta população quando comparado ao controle e ao exercício.

Palavras-chave: Estimulação Elétrica Neuromuscular; Força muscular; Osteoartrite; Fisioterapia.

ABSTRACT

Study design: This is a systematic review with meta-analysis. **Introduction:** The Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) is widely used as a strategy to improve a muscle performance. However, the physical parameters used and their effectiveness to promote an increase in muscle strength, pain reduction or improvement in physical function in patients with osteoarthritis (AO) of the knee are not yet established completely. **Objective:** To investigate the effects of NMES on the production of muscle strength, pain reduction and improvement of the physical function of patients with osteoarthritis of the knee. **Methods:** From pre-established keywords, were investigated only randomized clinical trials (ECRs) in databases: Pubmed, Embase, LILACS, PEDro and in a Cochrane Central Register of Controlled Trials. Two independent reviewers selected the studies according the inclusion criteria, they extracted the data and evaluated the methodological quality. **Data extraction and synthesis:** The studies were eligible for this review if they compared the intervention performed through the Neuromuscular Electrical Stimulation in isolation or combined with exercise *versus* a group that performed conventional exercise or a control group. Those studies that include measures of results for values related to maximum isometric torque, evoked torque (% Maximum Voluntary Isometric Contraction - MVIC), level of self-reported discomfort, pain scale and level of physical function were eligible for evaluation. After performing the statistical analyzes for the isometric muscle strength, function and pain outcomes, a statistically significant difference was found favorable only for an increase in isometric muscle strength. This beneficial result is restricted only to the comparison of NMES use *versus* the control group. The methodological quality of the eligible trials was moderate, with an average of 5 points on the PEDro scale. **Limitations:** Some limitations emerge from a research strategy to identify clinical studies. Following the recommendations of Cochrane Collaborations, the research was complemented by identifying possible eligible studies in the manual search as well as clinical trial records. **Conclusion:** It is suggested that the NMES when compared with the control group offers benefits to promote an increase in isometric muscle strength of quadriceps femoris muscle in patients with osteoarthritis of the knee. However, the NMES does not promote a reduction in pain or improvement of physical function in this population compared to control and exercise.

Keywords: Neuromuscular Electrical Stimulation; Muscle strength; Osteoarthritis; Physiotherapy.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	15
2.JUSTIFICATIVA	17
3.MÉTODOS	18
3.1.PROTOCOLO E REGISTRO	18
3.2.CRITÉRIO DE ELEGIBILIDADE	18
3.3.FONTES DA INFORMAÇÃO	18
3.4.BUSCA.....	19
3.5.CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DO ESTUDO.....	19
3.6.PROCESSO DE COLETA DE DADOS.....	20
3.7.AVALIAÇÃO DA QUALIDADE METODOLÓGICA: PEDRO.....	21
4.ANÁLISE ESTATÍSTICA	22
5.RESULTADOS	23
5.1.SELEÇÃO DE ESTUDO	23
5.2.CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO	23
5.3.ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR	27
5.4.EFEITO DA EENM NA FORÇA MUSCULAR ISOMÉTRICA	27
5.5.EFEITO DA EENM SOBRE A DOR	29
5.6.EFEITO DA EENM SOBRE A FUNÇÃO FÍSICA	30
6.DISSCUSSÃO	32
7.LIMITAÇÕES	37
8.CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	39
ANEXO 1	42

1 INTRODUÇÃO

A osteoartrite (OA) é caracterizada como uma das doenças articulares mais degenerativas do mundo, a sua prevalência afeta cerca de 27 milhões de pessoas anualmente nos Estados Unidos¹. Este acometimento vem sendo caracterizado como a maior causa de deficiência física nos Estados Unidos de acordo com o Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC)^{2 3}. As alterações patológicas da OA do joelho estão relacionadas à perda progressiva de cartilagem hialina, levando a uma diminuição do espaço articular associado a alterações degenerativas do osso subcondral⁴.

Os sintomas clínicos e as limitações funcionais presentes na OA são associados a fraquezas musculares, incapacidades, rigidez e deformidades articulares, crepitações e diminuição da amplitude de movimento⁵. Concomitantemente relacionada a esses sintomas clínicos e caracterizado como um fator de risco modificável, a fraqueza do músculo extensor do joelho está intimamente associado ao risco de desenvolvimento da doença em ambos os sexos^{6 7}. O déficit na força muscular presente nesta população pode variar entre 15 a 18% antes do desenvolvimento do quadro clínico^{8 9}, para 38% em indivíduos com um estágio clínico avançado¹⁰.

A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) é uma ferramenta terapêutica comumente utilizada como alternativa aos exercícios de resistência para esta população^{11 12 13}. O intuito da utilização da EENM seria oferecer benefícios no ganho de força e na melhora do desempenho em atividades funcionais em indivíduos diagnosticados com OA do joelho^{14 15 16}. O uso da EENM associado a um programa de exercícios demonstra maiores ganhos na força muscular quando comparado apenas ao exercício^{17 18}. No entanto, em outros estudos que utilizam a EENM de forma isolada esses resultados são semelhantes ou insuficientes para comparação entre os grupos estudados^{19 20 21}.

De fato, os resultados encontrados na literatura não apresentam um consenso claro quanto aos parâmetros a serem utilizados para obter um fortalecimento muscular, melhora da função física e controle da dor nesta população específica. Além, dos benefícios no tratamento com a EENM não serem completamente esclarecidos. Duas revisões sistemáticas prévias apresentaram evidências divergentes para afirmar a eficácia do uso da EENM^{22 23}. Primeiramente, em uma meta-análise, foram encontradas evidências inconsistentes que a EENM obtém um efeito significativo nas medidas relacionadas a força muscular do quadríceps, função e dor na OA do joelho²³. Porém, os dados relatados não apresentam uma estatística significativa a respeito dos benefícios da EENM sobre a força muscular isométrica.

Entretanto, vale ressaltar que as análises estatísticas realizadas pelos autores, incluíram estudos que apresentam diferenças consideráveis no desenho metodológico para comparar os benefícios da EENM entre os grupos estudados. Por outro lado, uma revisão sistemática mais atual, apresentou evidências de forma moderada a favor da utilização da EENM em pacientes com OA do joelho. Porém, os autores sugerem que mais estudos sejam realizados a respeito do tema²².

Um ponto crucial entre as duas revisões anteriores se dá ao fato de ambos apresentarem métodos de realização da revisão divergentes, o que de fato pode influenciar na tomada de decisão clínica. Este fato é observado por exemplo, com a inclusão de ensaios controlados e ensaios clínicos randomizados na mesma análise. Além disso, os estudos incluídos apresentam alguns vieses experimentais resultantes do desenho e desfecho metodológico (condições não-cegas e não aleatorizadas), resultados dos participantes, diversas estratégias para mensurar o efeito no tratamento, falta de qualidade metodológica e principalmente a heterogeneidade das medidas de avaliação, o que podem afetar significativamente os principais resultados.

De acordo com esses resultados conflitantes e não completamente elucidados da literatura a respeito da aplicação clínica da EENM para promover um aumento na força muscular e melhora dos desfechos secundários, a utilização da EENM como terapia para pacientes com OA do joelho necessita ser investigada. Dessa forma, o presente estudo realizou uma revisão sistemática e meta-análise dos ensaios clínicos randomizados para esclarecer os efeitos do tratamento com EENM na força muscular, função física e controle da dor em indivíduos com OA do joelho.

2 JUSTIFICATIVA

Devido à procura cada vez maior dos possíveis benefícios da EENM, somado ao fato desse recurso terapêutico ser utilizado a cada dia por um número cada vez maior de profissionais da saúde^{24 25}, faz-se necessário com que novas revisões que esclareçam os efeitos da EENM nesta população sejam realizadas.

Considerando a escassez de estudos que evidencie os benefícios do uso da EENM no tratamento da força muscular em pacientes com OA do joelho, enfatiza-se, nesse estudo, a importância na busca e entendimento dos melhores parâmetros a serem empregados na prática clínica. Atualmente, a eficácia da EENM apresentada em revisões sistemáticas em pacientes com osteoartrite do joelho, está restrita a apenas dois estudos realizados por Giggins, Fullen e Coughlan, (2012) e De Oliveira, Aragão e Vaz, (2013), que apresentam estratégias de busca, escolha nos métodos de inclusão dos estudos, as avaliações estatísticas e, também, o resultado nas tomadas de decisões clínicas divergentes. A primeira revisão apresenta evidências inconclusivas quanto a eficácia da EENM sobre a produção de força muscular nesta população. Porém, esses autores encontraram estatísticas significativas que relatam que a EENM foi benéfica no aumento das capacidades funcionais e redução da dor.

Entretanto, acredita-se que a interpretação destes resultados deve ser cautelosa, pois a heterogeneidade dos estudos e os diferentes métodos e desfechos utilizados pelos ensaios clínicos, incluídos em um mesmo grupo de análise na revisão, podem interferir consideravelmente nos resultados finais.

O presente estudo utilizou de estratégias de busca empregadas nas duas revisões anteriores, a fim de selecionar e incluir o maior número de ensaios clínicos randomizados. O intuito desta revisão é fornecer evidências a respeito do efeito da EENM em pacientes com OA do joelho.

3 MÉTODOS

3.1. Protocolo e registro

O método do presente estudo incluiu a seleção de títulos, resumos, verificação de estudos duplicados, avaliação de critérios de inclusão e a leitura do texto completo dos ensaios clínicos randomizados (ECRs). Esta revisão foi devidamente inscrita no registro internacional prospectivo de revisões sistemáticas / PROSPERO (Número de registro, acessado em: CRD42017082146). (ANEXO 1).

3.2. Critério de elegibilidade

Foram incluídos nesta revisão, apenas ensaios clínicos randomizados (ECRs) que apresentaram os efeitos da EENM em indivíduos com OA do joelho. A força muscular do quadríceps expressada de forma isométrica (N/m), foi a variável caracterizada como desfecho primário. Os desfechos secundários avaliados foram a influência da EENM sobre os desfechos funcionais e sobre a dor. Para os desfechos funcionais, foram utilizados dados referentes ao questionário Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) relacionado à função e ao teste Timed Up and Go (TUG). Para o desfecho da dor foi utilizado o questionário WOMAC relacionado à dor.

3.3. Fontes da informação

Uma pesquisa bibliográfica estratégica foi realizada em bases de dados eletrônicas de outubro de 2017 a janeiro de 2018, nas seguintes fontes de bancos de dados: Pubmed, Embase, LILACS, PEDro e Registro Central de Ensaios Controlados da Cochrane (CENTRAL). A busca manual também foi realizada verificando a lista de referência dos artigos elegíveis. O contato com os autores foi realizado quando foram necessários dados adicionais e um prazo de 15 dias para a resposta prévia dos autores foi estipulado. Quatro estudos incluídos na análise da força muscular, obtinham os dados em unidade de medida diferente da estipulada nesta revisão (N/m).

Destes quatro estudos^{12 17 20 21}, dois obtinham os dados isométricos (N/m) normalizados pelo peso corporal^{20 21}, um estudo obtinha os dados isométricos (Kg/f) normalizados pelo peso corporal¹⁷ e um estudo apresentava os dados isométricos em kg/f¹².

Para extrair os dados destes estudos e adicionarmos na mesma unidade de medida (N/m) em nossa análise, primeiramente todos os autores foram contatados para a obtenção dos dados e um prazo de 15 dias para a resposta dos autores foi estipulado. Não havendo a resposta prévia, foi realizado apenas uma conversão dos dados.

O artigo¹⁷ que apresentou os valores da força muscular isométrica em Kg/f normalizado pelo peso corporal, foi utilizada uma fórmula para a normalização dos dados em N/m. ($\text{Kg/f} \times \text{peso corporal} \times 9,8$).

Os artigos^{20 21} que apresentaram os valores da força muscular isométrica em N/m normalizado pelo peso corporal, foi aplicada uma fórmula para a normalização dos dados. ($\text{N/m} \times \text{peso corporal}$).

E para o único estudo¹² que obtinha a medida isométrica em Kg/f, foi apenas multiplicado por 9,8 ($\text{Kg/f} \times 9,8$). Desta forma todos os estudos incluídos na análise da força muscular nesta revisão, foram analisados por meio da mesma unidade de medida. Não houve limitação quanto ao ano de publicação e linguagem.

3.4. Busca

Os termos de pesquisa foram selecionados de acordo com as Diretrizes de Assunto Médico (MeSH) da Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos (NLM). A fim de selecionar e incluir o máximo de estudos elegíveis, foram realizadas duas estratégias de busca distintas: "Estimulação Elétrica" OU "Estimulação Elétrica Neuromuscular" OU "Estímulo Elétrico Funcional" OU "Terapia de Estimulação Elétrica" OU "Terapia de Estimulação Elétrica" OU "EENM" OU "FES" OU "EMS" E "Osteoartrite" OU "Artrite" OU "Osteoartrite do joelho", descrita por Giggins et al. (2012) e Osteoartrite (artrite OU artroses) e força muscular (fortalecimento muscular OU e estimulação elétrica OU EENM, ou estimulação elétrica neuromuscular), descrito por Melo et al. (2013). A fim de potencializar e compreender uma maior quantidade de artigos, esses termos não foram marcados para seleção de filtros em relação à busca em ambas as estratégias, com o intuito de descobrir quais artigos obtinham os critérios de elegibilidade para ser incluídos. Esses termos foram combinados em cada banco de dados.

3.5. Critérios de seleção do estudo

Foram incluídos ensaios clínicos randomizados que apresentaram uma comparação do tratamento realizado com EENM associada ao exercício *versus* exercício e aqueles que compararam o tratamento realizado com EENM *versus* controle. Os estudos foram excluídos se: 1) não estavam relacionados ao objeto do estudo (23.156); 2) não foram ensaios clínicos randomizados (37); 3) não utilizou as variáveis força muscular ou dor no desfecho primário ou secundário da pesquisa (3); 4) A versão completa não pôde ser encontrada (1); 5) Falta dados consistentes nos artigos (7). Dois revisores fisioterapeutas independentes realizaram a estratégia de busca de pesquisa nos bancos de dados eletrônicos e no final da pesquisa foi estabelecido um consenso sobre os estudos com os critérios de seleção a serem incluídos e, em caso de desacordo; um terceiro revisor crítico foi consultado, e o consenso foi alcançado através da discussão. Os resultados secundários classificados nesta revisão foram os resultados relativos à função física mensurado pelo questionário WOMAC específico para função e pelo teste de TUG e a dor avaliada pelo questionário WOMAC específico para dor.

3.6. Processo de coleta de dados

Primeiramente, um autor avaliou através da escala PEDro os dados extraídos, de forma independente, os ECRs incluídos e a qualidade metodológica. Variáveis contínuas de interesse como a força muscular, função física e a dor no joelho foram extraídas por média e desvio padrão quando disponível.

O contato com o autor foi realizado para esclarecer as dúvidas dos dados faltantes. Foram analisados os seguintes dados: ano de publicação, tamanho da amostra, idade e sexo dos sujeitos, duração do pulso, frequência, ciclo de trabalho, tamanho do eletrodo, intensidade; duração e volume do tratamento com EENM e valores de pré e pós-intervenção.

Para a variável força muscular, foi realizada uma estatística que incluiu os dados de todos os estudos elegíveis: EENM associado ao exercício *versus* exercício convencional e EENM *versus* controle. Posteriormente, foram realizados subgrupos destes estudos a fim de separar os grupos exercício convencional e controle (Sem intervenção). Para as análises da função física e dor, devido ao baixo número de artigos selecionados, apenas um grupo foi realizado com as mesmas unidades de medida.

3.7. Avaliação da qualidade metodológica: PEDro

A avaliação da qualidade metodológica dos estudos foi realizada por dois co-autores independentes. Os estudos selecionados foram analisados utilizando a escala PEDro de qualidade metodológica. Esta avaliação inclui quantitativamente 11 itens: critérios de elegibilidade especificados (não utilizados para calcular o escore), aleatorização e alocação aleatória, ocultação da alocação, similaridade na linha de base, realização cega do estudo, do terapeuta e avaliador, adequação do seguimento, análise da intenção de tratar, análise estatística entre grupos e relatórios de estimativas únicas e medidas de variabilidade. Cada item foi marcado como "sim (1/0)" ou "não (0/0)", fornecendo uma escala de 0 a 10, com pontuações mais altas, refletindo estudos de maior qualidade.

4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

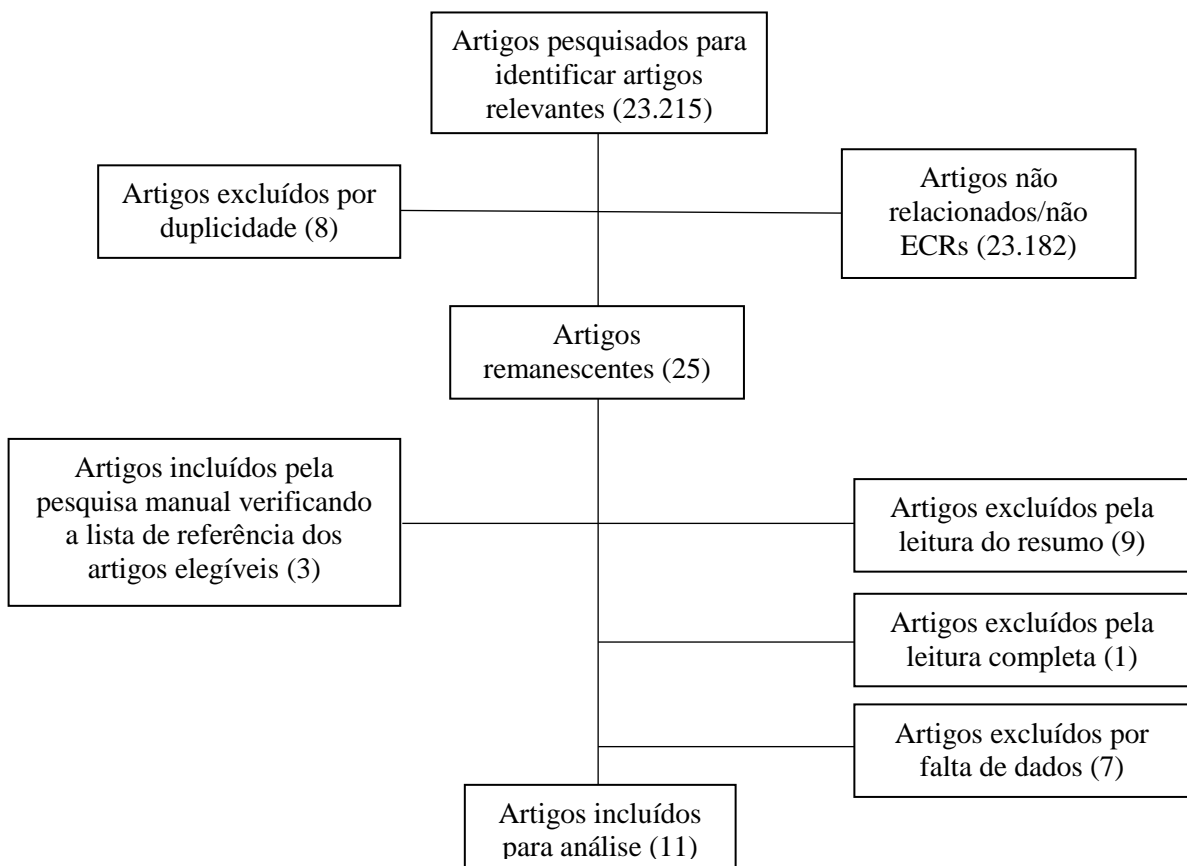
Os dados de cada estudo foram convertidos em diferenças das médias (IC 95%) entre grupos (EENM associada ao exercício *versus* Exercício convencional) e (EENM *versus* Controle) agrupados usando um modelo de efeitos fixos e aleatórios. Determinamos a heterogeneidade estatística dos dados pelo teste I^2 e interpretados com valores acima de 25 e 50% como heterogeneidade moderada e alta, respectivamente. Os resultados considerados para análise foram a força muscular isométrica do quadríceps, a função física e a dor específica no joelho. Um valor $p < 0,05$ foi considerado significativo. Todas as análises foram realizadas usando o software Review Manager Software, versão 5.2.

5 RESULTADOS

5.1. Seleção de estudo

Dos 23.215 artigos encontrados nas estratégias de pesquisa realizada, onze ensaios clínicos randomizados preencheram todos os critérios de inclusão e a extração detalhada dos dados foi realizada (figura 1). A maioria dos artigos foram excluídos por duplicidade e por não estarem relacionados ao tema da pesquisa. Houve um acordo entre os revisores sobre inclusão.

Figura 1- Fluxograma do processo de revisão da literatura



Fonte: Produção do próprio autor.

5.2. Características do estudo

As características de todos os estudos e parâmetros da EENM foram apresentadas na Tabela 1 e 2. Um total de 636 pacientes com o diagnóstico de OA do joelho foram avaliados, compreendendo o ano de 1989 a 2016.

Tabela 1. Características dos estudos incluídos. Contínua

Autor (Ano)	Amostra (n)	Idade (Ano)	Pulso (μs)	F (Hz)	Duração do ciclo	Tam. Eletrodo (cm)	Intensidade (mA)	Duração do TTO	Desfechos	Modo de avaliação	Resultados
Park et al (2015)	30	65	400	80	25% (5 segundos/20 segundos)	Não mencionado	MIT	8 semanas	Força muscular	Isométrico	Efeito positivo para EENM
Laufer et al (2014)	63	50	Não mencionado	Não mencionada	10 contrações	Não mencionado	MIT	12 sessões	Força muscular/Dor e função	Isométrico/WOMAC/EVA/TUG	Não houve diferença entre os grupos
Imoto et al (2013)	100	50-75	250	50	20 minutos	7.5cm/13cm	MIT	8 semanas	Dor e função	WOMAC/TUG	Não houve diferença entre os grupos
Bruce-Brand et al (2012)	41	55-75	100-400	50	20 minutos	Não mencionado	MIT	6 semanas	Força muscular/Função/Dor	Isométrico/WOMAC/Walk Test	Efeito positivo para EENM
Elboim-Gabyzon et al (2012)	50	68-69	200	75	10 contrações	Não mencionado	100	6 semanas	Força muscular/Função/Dor	Isométrico/WOMAC/TUG	Não houve diferença entre os grupos
Palmieri-Smith et al (2010)	30	56-58	Não mencionado	50	10 contrações	6.98cm x 12cm	35% MCV	4 semanas	Força muscular/Função	Isométrico/WOMAC	Não houve diferença entre os grupos

Fonte: Produção do próprio autor. **Notas:** F: frequência; Tam.: tamanho; EVA: Escala Visual analógica; WOMAC: Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index; EENM: Eletroestimulação neuromuscular; TUG: Time Up and Go. MIT: Máxima Intensidade Tolerada. TTO: Tratamento. MCV: Máxima Contração Voluntária; RM: Ressonância Magnética. Ma: *Miliamperagem*.

Tabela 1. Características dos estudos incluídos. Conclusão.

Autor (Ano)	Amostra (n)	Idade (Ano)	Pulso (μs)	F (Hz)	Duração do ciclo	Tam. Eletrodo (cm)	Intensidade (mA)	Duração do TTO	Desfechos	Modo de avaliação	Resultados
Petterson et al (2009)	200	50-85	Não mencionado	50	10 contrações	7cm x 12cm	30% MCV	6 semanas	Força muscular/ Função/Dor	Isométrico/ TUG	Não houve diferença entre os grupos
Durmus et al (2006)	50	42-74	200	50	20 minutos	Não mencionado	70-120	4 semanas	Força muscular/ Função/Dor	WOMAC/EVA/ 10RM	Efeito positivo para EENM
Roseff et al (2004)	37	>50	Não mencionado	25Hz	30 minutos	Não mencionado	60-80	8 semanas	Força muscular/ Função/Dor	EVA/WOMAC/ Isométrico	Efeito positivo para EENM
Talbot et al (2003)	34	>60	300	50	15 minutos	4cm x 5cm	30 a 40% MCV	12 semanas	Força muscular/ Função/Dor	Isométrico/ Testes funcionais	Efeito positivo para EENM
Gibson (1989)	14	57-75	300	30Hz	60 minutos	9cm x 5cm	70	Não mencionado	Força muscular/ Arquitetura	RM/Isométrico	Efeito positivo para EENM

Fonte: Produção do próprio autor. **Notas:** F: frequência; Tam.: tamanho; EVA: Escala Visual analógica; WOMAC: Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index; EENM: Eletroestimulação neuromuscular; TUG: Time Up and Go. MIT: Máxima intensidade tolerada. TTO: Tratamento. MCV: máxima contração voluntária. RM: Ressonância Magnética. Ma: *Miliamperagem*

Escala PEDro

A avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos utilizada por meio da escala PEDro é apresentada na Tabela 3 e 4. O escore total dos artigos avaliados pela escala PEDro, variou de 4 a 8 pontos e obteve uma pontuação média de 5. A maioria dos estudos utilizou alocação escondida e similaridade nas características iniciais. Nenhum dos estudos realizou de forma cega a intervenção realizada pelo terapeuta. Os relatórios de acompanhamento e variabilidade do tema foram utilizados pela maioria dos estudos.

Tabela 2. Qualidade metodológica dos artigos incluídos (Escala PEDro). Contínua.

Autor (Ano)	Alocação da amostra	Alocação escondida	Similaridade da linha de base	C.S.	C.T.	C.AV.	>85% de acompanhamento	Análise ITT	Diferença entre grupo	Ponto de variabilidade relatada
Park et al (2015)	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Laufer et al (2014)	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim
Imoto et al (2013)	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Bruce-Brand et al (2012)	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Elboim-Babyzon et al (2012)	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim

Fonte: Produção do próprio autor. **Nota:** ITT – Intenção para Tratamento. C.AV: Cegamento dos avaliadores. C.T: Cegamento dos terapeutas; C.S: Cegamento dos sujeitos.

Tabela 2. Qualidade metodológica dos artigos incluídos (Escala PEDro). Conclusão.

Autor (Ano)	Alocação da amostra	Alocação escondida	Similaridade da linha de base	C.S.	C.T.	C.AV.	>85% de acompanhamento	Análise ITT	Diferença entre grupo	Ponto de variabilidade relatada
Palmieri-Smith et al (2010)	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Petterson et al (2009)	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Durmus et al (2006)	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Rosemfet et al (2004)	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim
Talbot et al (2003)	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Gibson (1989)	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim

Fonte: Produção do próprio autor. **Nota:** ITT – Intenção para Tratamento. C.AV: Cegamento dos avaliadores. C.T: Cegamento dos terapeutas; C.S: Cegamento dos sujeitos;

5.3. Estimulação Elétrica Neuromuscular

Os estudos incluídos nesta revisão apresentaram variações relacionadas aos métodos e parâmetros físicos utilizados durante o tratamento com EENM. As variações ocorreram especialmente em relação à frequência, duração do pulso e tempo de ciclo aplicado no tratamento. A frequência variou entre 25 Hz a 80 Hz, a largura de pulso entre 100 μ s a 400 μ s e o ciclo de trabalho apresentou uma variação entre 10 contrações até 18/30 minutos de aplicação, respectivamente. A frequência mais utilizada pelos ECRs foi de 50 Hz, a largura de pulso foi de 400 μ s e o tempo de aplicação de 10 contrações eliciadas. Apenas um¹⁷ dos onze estudos não relatou a frequência utilizada (Tabela 1 e 2).

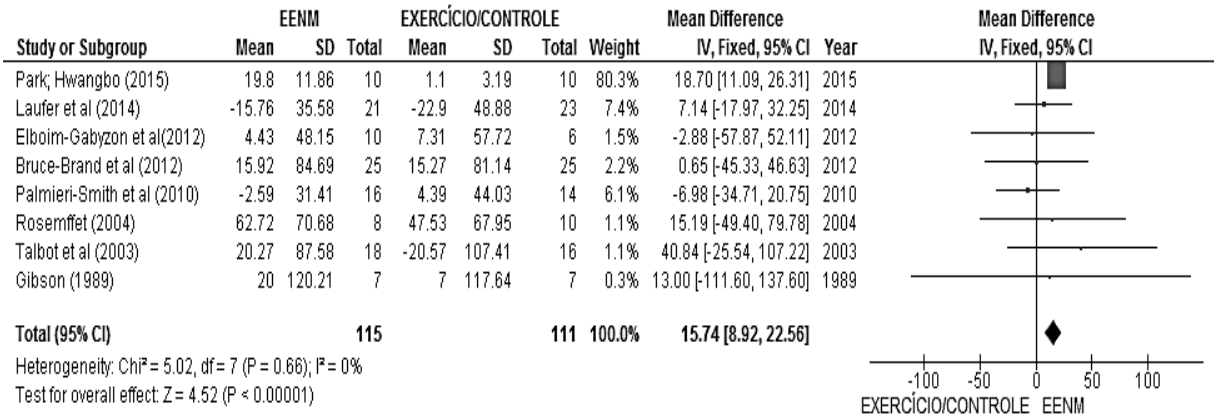
O tempo de utilização da EENM durante o tratamento obteve uma aplicação de 10 contrações eliciadas no músculo quadríceps femoral como o ciclo de trabalho mais encontrado (31%), seguido por 20 minutos (23%) e 18 a 32 minutos (15%). Apenas um estudo usou um total de 60 minutos de tempo de aplicação²⁸. A intensidade do estímulo eliciado foi estabelecida pela máxima intensidade tolerada pelo paciente na maioria dos estudos.

A duração total do tratamento variou de 4 a 12 semanas, obtendo o tempo total utilizado pelos estudos em 8 semanas. Nenhum dos estudos mencionou qualquer familiarização ou ajustes da intensidade atual devido à habituação sensorial.

5.4. Efeito da EENM na força muscular isométrica

A análise estatística sobre a força muscular foi realizada em 8 estudos que compreenderam no total 226 pacientes avaliados. Todos os estudos mediram a variável força muscular de forma isométrica e os dados estão apresentados na mesma unidade de medida (N/m). Os estudos que apresentaram unidades de medidas diferentes^{12 17 20 21}, obteve o seu autor contatado por e-mail e um prazo de 15 dias foi estipulado. Apenas um autor²¹ respondeu a solicitação prévia, porém relatou não obter mais os dados. A figura 2 compreende os ensaios que compararam a utilização da EENM associada ao exercício *versus* exercício convencional e a utilização da EENM *versus* o grupo controle. Foi observada uma homogeneidade considerável dos dados incluídos ($\text{Chi}^2 = 5.02$ e $\text{I}^2 = 0\%$) e uma diferença estatisticamente significativa foi observada a favor da utilização da EENM ($Z = 4.52$, $p = 0,01$). Para esta análise, três estudos compararam a EENM associada ao exercício *versus* exercício^{12 17 21} e cinco estudos compararam a utilização da EENM *versus* o controle^{19 20 26 27 28}.

Figura 2 - Meta-análise do efeito da estimulação elétrica neuromuscular no aumento da força muscular isométrica

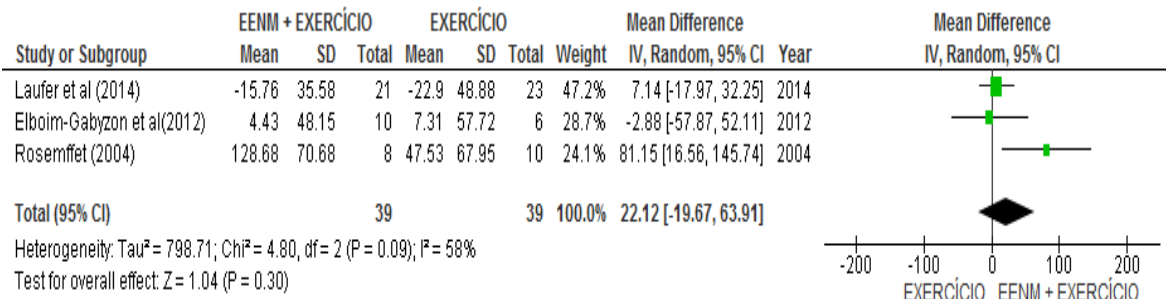


Fonte: Produção do próprio autor. **Legenda:** Meta-análise demonstrando o impacto da utilização da EENM sobre a força muscular isométrica. Foram incluídos estudos que avaliaram a EENM associada ao exercício *versus* exercício e estudos que avaliaram a EENM *versus* o grupo controle. Todas as medidas foram padronizadas em N/m. Foi identificada uma homogeneidade nos dados (Chi²= 5.02; I²= 0%), com diferença significativa a favor da EENM (Z= 4.52, p= 0.01). EENM – Eletroestimulação neuromuscular.

Para analisar estatisticamente o efeito do tratamento com a EENM de forma específica e baseada na variabilidade dos métodos empregados pelos ensaios clínicos randomizados, foi realizada uma análise de subgrupo dividindo aqueles estudos que compararam a EENM associada ao exercício *versus* exercício e EENM *versus* controle (Figura 3 e 4). No total, três estudos compararam a EENM associada ao exercício *versus* exercício convencional e cinco estudos compararam a EENM *versus* o grupo controle (Sem intervenção).

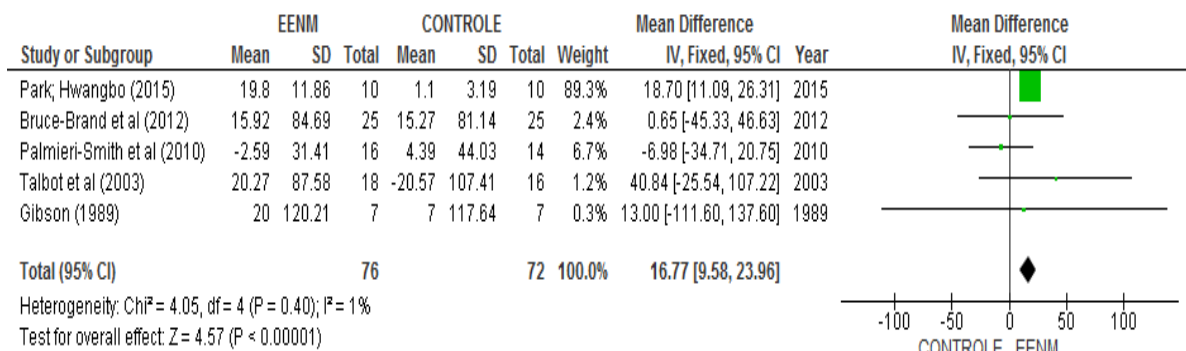
Os três estudos que compararam o uso da EENM associada ao exercício *versus* exercício convencional, totalizaram 78 pacientes avaliados e apresentaram uma heterogeneidade (Chi² = 4.60, p = 0.09 e I² = 58%). Não houve diferença estatística significativa (Z = 1.04 e p = 0.30) para afirmar que a estimulação elétrica neuromuscular associada ao exercício é mais eficaz comparado ao exercício (Figura 3). Cinco estudos compararam o uso da EENM *versus* controle e compreenderam um total de 148 pacientes avaliados. Foi observada uma homogeneidade nos dados (Chi²= 4.05, p= 0.40 e I²= 1%) e uma diferença estatística foi apresentada (Z= 4.57 e p < 0.01) a favor da utilização da EENM (Figura 4).

Figura 3- Meta-análise do efeito da estimulação elétrica neuromuscular associada ao exercício *versus* exercício convencional no aumento da força muscular isométrica



Fonte: Produção do próprio autor. **Legenda:** Meta-análise demonstrando o impacto da utilização da EENM associada ao exercício *versus* exercício sobre a força muscular isométrica. Todas as medidas foram padronizadas em N/m. Foi identificada uma heterogeneidade nos dados (Chi²= 4.80; I²= 58%), sem diferença significativa a favor da EENM (Z= 1.04, p= 0.30). EENM – Eletroestimulação neuromuscular.

Figura 4- Meta-análise do efeito da estimulação elétrica neuromuscular *versus* controle (Sem intervenção) no aumento da força muscular isométrica



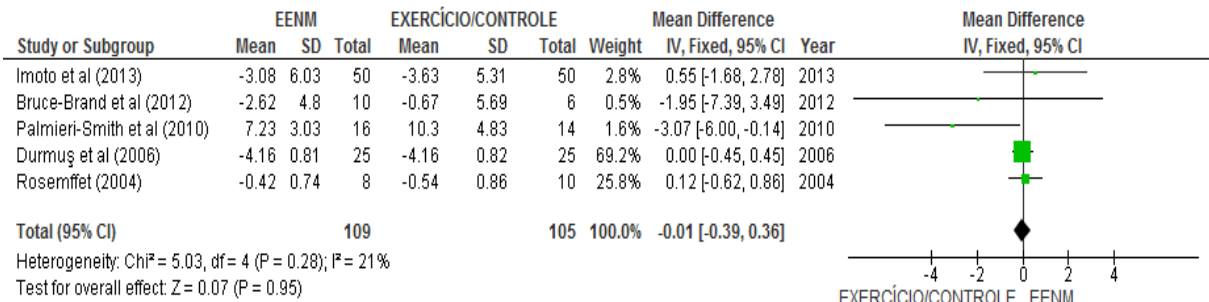
Fonte: Produção do próprio autor. **Legenda:** Meta-análise demonstrando o impacto da utilização da EENM *versus* o grupo controle sobre a força muscular isométrica. Todas as medidas foram padronizadas em N/m. Foi identificada uma homogeneidade nos dados (Chi²= 4.05; I²= 1%), com diferença significativa a favor da EENM (Z= 4.57, p= 0.01). EENM – Eletroestimulação neuromuscular.

5.5. Efeito da EENM sobre a dor

A análise estatística do desfecho secundário desta revisão acerca do efeito do tratamento com a EENM na dor em pacientes com OA do joelho, incluiu cinco estudos que avaliaram 214 pacientes. A pontuação do questionário WOMAC específico para dor foi utilizado para realizar a extração dos dados. Devido aos poucos estudos apresentarem dados referentes ao questionário, foram incluídos na análise ambos os estudos que compararam a EENM associada ao exercício *versus* exercício e a EENM *versus* controle (Figura 5). Os artigos que apresentaram dados para o desfecho dor usando outros meios de mensuração não foram incluídos nesta meta-análise. Apenas um artigo foi excluído por não apresentar valores

consistentes relacionados ao grupo controle para o WOMAC dor. A análise estatística realizada mostrou uma homogeneidade entre os estudos ($\text{Chi}^2 = 5.03$, $p = 0.28$ e $I^2 = 21\%$), entretanto, não houve diferença significativa ($Z = 0.07$ e $p = 0.95$) para afirmar que a EENM auxilia na redução da dor.

Figura 5 - Meta-análise do efeito da estimulação elétrica neuromuscular sobre o desfecho secundário: WOMAC dor

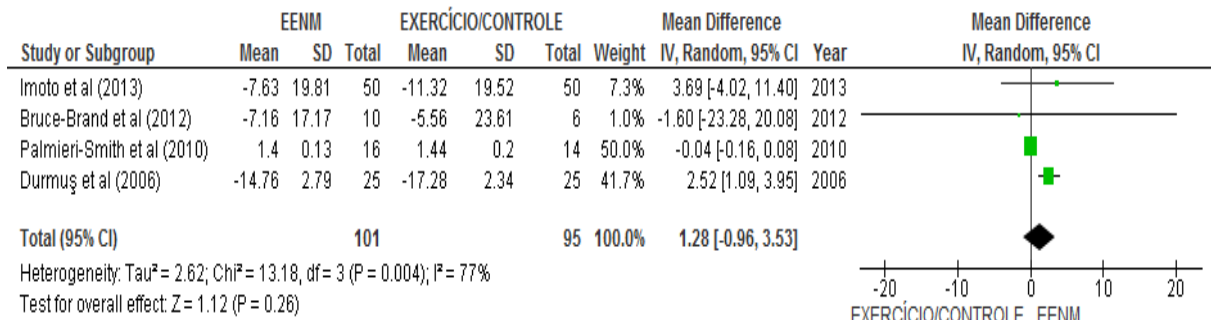


Fonte: Produção do próprio autor. **Legenda:** Meta-análise demonstrando o impacto da utilização da EENM sobre a dor. Foi utilizado o questionário WOMAC específico para dor. Foram incluídos ambos os estudos que avaliaram a utilização da EENM associada ao exercício *versus* exercício e EENM *versus* o grupo controle. Todas as medidas foram padronizadas. Foi identificada uma homogeneidade nos dados ($\text{Chi}^2 = 5.03$; $I^2 = 21\%$), sem diferença significativa a favor da EENM ($Z = 0.07$, $p = 0.95$). EENM – Eletroestimulação neuromuscular.

5.6. Efeito da EENM sobre a função física

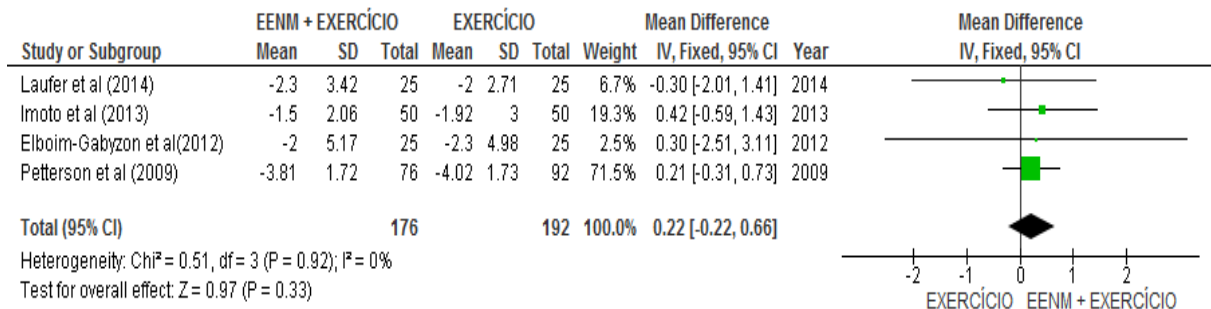
Foram incluídos nesta meta-análise, artigos que apresentaram dados relacionados aos efeitos da EENM sobre a função física dos pacientes utilizando questionários e testes específicos. Para a avaliação por meio do questionário foi usado as pontuações do Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC) específico para função. Devido a poucos estudos apresentarem dados referentes ao questionário específico para função física, foram incluídos na análise ambos os estudos que compararam a EENM associada ao exercício *versus* exercício e a EENM *versus* controle (Figura 6). Os dados demonstraram uma heterogeneidade considerável ($\text{Chi}^2 = 13.18$, $p = 0.004$ e $I^2 = 77\%$) e não apresentaram diferença estatística ($Z = 1.12$ e $p = 0.26$). Para analisar os testes específicos, foi realizado a extração dos dados referentes ao teste Timed Up and Go (TUG). Foram incluídos 4 estudos que mensuraram os benefícios da EENM associada ao exercício *versus* exercício. Uma homogeneidade entre os dados foi identificada ($\text{Chi}^2 = 0.51$, $p = 0.92$ e $I^2 = 0\%$). Porém, uma diferença estatística significativa não foi encontrada ($Z = 0.97$ e $p = 0.33$), para afirmar que a EENM associada ao exercício promove um aumento nas capacidades funcionais de pacientes com osteoartrite do joelho.

Figura 6 - Meta-análise do efeito da estimulação elétrica neuromuscular sobre o desfecho secundário: WOMAC função



Fonte: Produção do próprio autor. **Legenda:** Meta-análise demonstrando o impacto da utilização da EENM sobre a função. Foi utilizado o questionário WOMAC específico para função. Foram incluídos ambos os estudos que avaliaram a utilização da EENM associada ao exercício *versus* exercício e EENM *versus* o grupo controle. Todas as medidas foram padronizadas. Foi identificada uma homogeneidade nos dados (Chi²= 13.18; I²= 77%), sem diferença significativa a favor da EENM (Z= 1.12, p= 0.26). EENM – Eletroestimulação neuromuscular.

Figura 7 - Meta-análise do efeito da estimulação elétrica neuromuscular sobre o desfecho secundário: Timed Up and Go (TUG)



Fonte: Produção do próprio autor. **Legenda:** Meta-análise demonstrando o impacto da utilização da EENM sobre a função. Foi utilizado o teste específico TUG (Timed Up and GO). Foram incluídos apenas os estudos que avaliaram a utilização da EENM associada ao exercício *versus* exercício. Todas as medidas foram padronizadas. Foi identificada uma homogeneidade nos dados (Chi²= 0.51; I²= 0%), sem diferença significativa a favor da EENM associada ao exercício (Z= 0.97, p= 0.33). EENM – Eletroestimulação neuromuscular.

6 DISCUSSÃO

Esta revisão sistemática com meta análise apresenta as evidências atuais a respeito da utilização da EENM no tratamento de pacientes com OA do joelho. Coletivamente, foram encontradas evidências que a EENM comparada ao grupo controle, após em média 8 semanas de tratamento promoveu um aumento na força muscular isométrica do músculo quadríceps femoral. Porém, não reduziu a dor ou melhorou os desfechos funcionais em pacientes com OA do joelho. Apesar das diferenças entre os métodos empregados pelos diferentes estudos incluídos nesta revisão, os resultados ao comparar a EENM *versus* o exercício e o grupo controle apresentaram uma homogeneidade (Figura 2).

Oito estudos avaliaram os efeitos da EENM sobre a força muscular isométrica (Figura 2). Destes oito estudos, três compararam a EENM associada ao exercício *versus* o exercício convencional, onde alguns estudos não demonstraram efeitos positivos para a EENM^{17 21}. Porém, os cinco estudos que compararam o tratamento com a EENM isolada *versus* o grupo controle, quatro apresentaram efeitos favoráveis para o aumento da força muscular com a utilização da EENM^{19 26 27 28}. Os resultados favoráveis apresentados pelos estudos corroboram com a significância estatística realizada, uma vez que os benefícios da EENM para o ganho de força muscular isométrica podem ser visualizados apenas quando se compara a EENM *versus* o grupo controle.

Uma revisão sistemática prévia forneceu evidências demonstrando que o exercício convencional apresentou benefícios significativos para melhorar a dor e a função física na OA do joelho²⁹. Neste contexto, a EENM tem sido sugerida como um método auxiliar para restaurar e aumentar a força do quadríceps femoral e diminuir a dor em pacientes com este diagnóstico, mas os resultados apresentados na literatura até o momento foram inconsistentes.

Os resultados desta presente revisão não coincidem com os achados relatados por estudos anteriores^{23 30}, que demonstraram evidências inconclusivas quanto à eficácia da EENM como alternativa para aumentar a força do quadríceps femoral em pacientes com AO e antes ou após a artroplastia total do joelho. Por outro lado, Marks et al. (2000) e Melo et al. (2013) sugeriram que existe evidência moderada para apoiar a aplicação da EENM de forma isolada ou combinada com o intuito de fortalecer o músculo quadríceps femoral. No entanto, as divergências apresentadas nestas conclusões das revisões anteriores, podem estar relacionadas ao fato de apresentarem um baixo número de estudos incluídos para análise, com alto risco de viés metodológico e com inconsistência nos dados para comparação estatística.

Nesta revisão, foi demonstrado que a EENM promove um aumento de força muscular em pacientes com OA do joelho. Porém, estes resultados se restringem apenas ao comparar a EENM *versus* o grupo controle (Figura 4). Ao realizar as análises em subgrupos, não foi identificado qualquer efeito benéfico da EENM associada ao exercício *versus* o exercício (Figura 3). Entretanto, outros estudos não incluídos na estatística de análise de força muscular nesta revisão por critérios metodológicos também apresentaram efeitos favoráveis para a EENM. Durmus et al., (2006), ao comparar o tratamento com EENM *versus* o Biofeedback e De oliveira et al., (2016) ao comparar o uso da EENM *versus* a terapia com laser, demonstraram resultados benéficos a favor da terapia.

Os métodos utilizados nos estudos incluídos nesta revisão apresentam-se com uma forte heterogeneidade clínica e metodológica para avaliar a efetividade da EENM. Apesar da revisão sistemática realizada por Melo et al. (2013) ter relatado um efeito moderado a favor da EENM, a diversidade dos métodos dos estudos também foi um importante fator descrito pelos autores. A divergência nos métodos e principalmente nas unidades de medida das avaliações, são de fato uma das causas mais encontradas nos ensaios clínicos pesquisados²⁰.

Nesta revisão, foi realizado uma tentativa de padronização das unidades de medidas da força muscular apresentadas pelos estudos com o intuito de obter uma estatística mais consistente. Os achados desta revisão são divergentes dos resultados apresentados na meta-análise realizada por Giggins, Fullen e Coughlan., (2012). Essa divergência pode estar associada a uma heterogeneidade apresentada nos métodos dos estudos incluídos na revisão anterior e com isso influenciou diretamente no resultado final. Onde os autores além de não apresentarem uma estatística referente aos efeitos da EENM sobre a força muscular isométrica, também incluíram na mesma análise para outros desfechos como dor e função, estudos com desenhos metodológicos distintos.

Em dois artigos incluídos pela revisão anterior²³, Tok et al., (2009) apresenta nos seus métodos a comparação de dois grupos que utilizaram a terapia com a EENM, não sendo possível comparar o real efeito da EENM com outra modalidade de controle. Burch et al., (2008) apresenta uma comparação entre EENM *versus* TENS para avaliar o desfecho da dor. De fato, estas limitações e divergências críticas, entre os métodos dos estudos incluídos, podem de fato influenciar consideravelmente o resultado final. A falta de padrão metodológico dos estudos clínicos com EENM vem sendo relatada como um fator limitante na interpretação dos resultados²⁵.

Os desfechos secundários da dor e da função física não apresentaram resultados significativamente estatísticos. Apenas cinco estudos incluídos mensuraram o nível de dor dos

pacientes, por meio do questionário específico WOMAC (Figura 5). Os resultados não favoráveis para os desfechos dor e função, mostraram-se divergentes dos achados de Giggins, Fullen and Coughlan, (2012). Apesar dos autores apresentarem evidências inconclusivas quanto a utilização da EENM para estes desfechos, a análise estatística realizada na revisão, apresentou uma diferença significativa para redução da dor e melhora da função física. Contudo, essa estatística significativa descrita nos resultados dos autores²³ deve ser avaliada com cautela, pois o desenho metodológico dos artigos utilizados para análise é distinto.

Apesar de alguns estudos apresentarem uma redução na dor após o tratamento com EENM^{11 12 19}, outros estudos não apresentaram efeitos benéficos^{20 35}. Devido ao fato da maioria dos estudos incluídos nesta revisão apresentarem em sua amostra indivíduos do gênero masculino e feminino, e pela caracterização da dor crônica ser em sua maioria mais prevalente em pacientes do sexo feminino³⁶, acredita-se que este fato pode adicionar viés nas interpretações finais. Mulheres que apresentam grandes quantidades de espessura de gordura subcutânea podem limitar a passagem da corrente ao músculo²⁴.

A análise estatística realizada para os desfechos funcionais mensurados pelo TUG, não apresentou diferença estatística (Figura 7). Os quatro estudos incluídos que avaliaram a capacidade física, não demonstram qualquer melhora da função física por meio da utilização da EENM. Durmus et al. (2006) descreve que o tratamento com EENM pode obter um melhor sucesso na redução da dor do que no aumento da capacidade física. Como, de certo modo, a melhora na capacidade física pode estar atrelada também a melhora da dor, este benefício pode não ter sido visualizado³⁷.

O desafio de desenvolver protocolos da EENM para esta população específica se baseia que na literatura publicada não há consistência nos parâmetros a serem utilizados. Além disso, ocorre uma divergência na escolha dos parâmetros físicos empregados nos ensaios relacionados à escolha da frequência, torque evocado e intensidade da corrente, metodologia da utilização da EENM e tamanho do eletrodo. Esses fatores podem também exercer influência no resultado final.

A maioria dos ensaios^{10 11 19 20 26 35}, apresenta uma frequência de utilização de 50Hz. No entanto, obteve-se uma variabilidade em torno da frequência utilizada (25Hz a 80hz) e um estudo não mencionou a frequência¹⁷. Desse modo, a frequência de 50Hz demonstra ser a melhor escolha a ser utilizada pelos clínicos. Maffiuletti (2010) e Spector et al. (2016) relatam que essa frequência vem sendo utilizada de forma benéfica para o ganho de força muscular.

Ademais, os parâmetros de largura de pulso e intensidade também apresentaram grande variabilidade. A intensidade no tratamento com EENM é cada vez mais considerada

como o parâmetro chave para controlar a dosagem da intervenção²⁴. É importante enfatizar que as variações na intensidade e duração do tratamento também podem comprometer os resultados finais³⁹. Quatro de onze ensaios realizaram a terapia com a máxima intensidade tolerada^{17 19 26 35}. Evidências indicam que quanto maior a intensidade aplicada no tratamento com a EENM, maior a eficácia da terapia em músculos prejudicados^{40 41}.

A padronização da intensidade da EENM durante o tratamento é um fator chave para a obtenção de resultados satisfatórios. Além de utilizar a EENM em sua máxima intensidade tolerada, o treinamento realizado de 30% a 40% a partir da CIVM pode apresentar uma área de ativação de 29% a 43% no músculo quadríceps femoral⁴². Neste contexto, apenas três ensaios^{10 20 27}, realizaram o tratamento baseado neste intervalo. Alguns estudos relatam que a força evocada pela EENM é dependente do aumento da intensidade, onde as unidades motoras mais profundas são recrutadas⁴³. Sugere-se que mais estudos que padronizem a intensidade baseada nos valores obtidos na CIVM sejam realizados para uma definição dos melhores parâmetros empregador pela EENM.

Outra importante observação é de se obter uma familiarização antes de iniciar com a EENM, essa estratégia vem sendo empregada com o intuito de maximizar a intensidade durante toda a intervenção²⁵. Duas ou três sessões distribuídas em 7 a 10 dias foram relatadas como apropriadas para esse objetivo²⁴. Nenhum dos estudos incluídos nesta revisão realizou a familiarização antes do programa de treinamento.

A largura de pulso também obteve uma variabilidade considerável entre os estudos (100-400 μ s). Dois ensaios apresentam como largura de pulso 400 μ s^{19 26} e quatro ensaios não mencionaram a largura de pulso utilizada. Correntes com duração de pulso mais longos induzem um aumento de aproximadamente 21% de torque evocado para gerar torque isométrico do extensor do joelho³⁷.

Outro fator importante que pode influenciar os resultados encontrados é o tamanho do eletrodo. Apenas quatro estudos especificaram o tamanho do eletrodo^{10 20 27 35}. A padronização do tamanho do eletrodo é de extrema importância, pois eletrodos de dimensões reduzidas aumentam a densidade e levam a uma sensação mais dolorosa, enquanto aqueles eletrodos de tamanho maiores estimulam músculos não direcionados (antagonistas) e aumentam a resposta do torque evocado³⁹.

Por fim, a análise qualitativa da escala PEDro apresentou que nenhum dos estudos selecionados realizou uma metodologia de triplo e duplo cego (sujeito, terapeuta e avaliador). Uma vez que os estudos não cegos geralmente têm tamanhos de efeitos maiores, valores de p

menor e uma maior frequência de resultados significativos, nenhum estudo apresentou o tamanho de efeito da amostra e o cegamento apropriado. Os autores não descreveram a forma como a confidencialidade da lista de alocação foi mantida e seis estudos^{10 11 12 19 26 27} não descreveram os critérios de elegibilidade de forma correta (fonte dos sujeitos e lista de critérios para determinar quem era elegível para participar do estudo). Apenas três estudos^{10 19 35} haviam cegado os avaliadores para pelo menos um resultado. Holman et al., (2015) enfatizam que, embora fortes evidências apoiem a atribuição de dados cegos e a ciência médica, o progresso depende de estudos metodológicos de alta qualidade e essa qualidade metodológica não é prevalente. Ensaio rigorosos com avaliações cegas deveriam ser aplicados para evitar resultados divergentes.

Estes parâmetros aqui mencionados são apresentados para promover um auxílio aos clínicos durante a elaboração de protocolos de tratamento com EENM. O número restrito de estudos incluídos nesta revisão e a heterogeneidade dos métodos e parâmetros empregados, continuam a sugerir que novos ensaios clínicos randomizados realizados de forma padronizada sejam estimulados para auxiliar um melhor entendimento dos parâmetros e da eficácia da EENM.

7 LIMITAÇÕES

Algumas limitações surgem de uma estratégia de pesquisa para identificar estudos clínicos. Seguindo as recomendações da Cochrane Colaborações, as pesquisas foram complementadas pela identificação de possíveis estudos elegíveis na busca manual, bem como dos registros de ensaios clínicos. Apesar do cruzamento de palavras-chaves de revisões prévias, é provável que alguns estudos tenham sido publicados em bancos de dados locais e, por consequente, não foram incluídos nesta revisão.

8 CONCLUSÃO

As evidências atuais sugerem que a EENM comparada ao grupo controle, apresenta resultados benéficos para promover um aumento na força muscular isométrica no músculo quadríceps femoral em pacientes com osteoartrite do joelho. Não foram encontradas diferenças para a comparação da EENM *versus* o exercício. Porém, a EENM não promove uma redução da dor ou melhora na função física nesta população quando comparada ao grupo controle e ao grupo que realizou exercício convencional. Entretanto, a qualidade metodológica da literatura atual é bastante heterogênea. Futuras pesquisas, que padronizem os parâmetros físicos de utilização da EENM, bem como os métodos de mensuração ainda são necessárias para obter mais estudos que apresentem os melhores parâmetros para utilização da estimulação elétrica neuromuscular.

REFERÊNCIAS

1. Centers for Disease Control and Prevention – CDC. Prevalence and most common causes of disability among adults. United States, 2005. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2009; 58:421–426.
2. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). Prevalence of doctor-diagnosed arthritis and arthritis-attributable activity limitation--United States, 2010-2012. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2013; 62:869–873.
3. Deshpande B, Katz J, Solomon D, Yelin E, Hunter D, Messier S et al. Number of Persons With Symptomatic Knee Osteoarthritis in the US: Impact of Race and Ethnicity, Age, Sex, and Obesity. *Arthritis Care & Research*. 2016;68(12):1743-1750.
4. Arden N, Nevitt MC. Osteoarthritis: Epidemiology. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*. 2005; Vol. 20, No. 1, 3–25.
5. Hunter, J.; Eckstein, F. Exercise and osteoarthritis. *Journal of anatomy*. 2009. v. 214, n. 2, p. 197-207.
6. Øiestad B, Juhl C, Eitzen I, Thorlund J. Knee extensor muscle weakness is a risk factor for development of knee osteoarthritis. A systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2015;23(2):171-177.
7. Petterson S, Rasis L, Bodenstab A, Snyder-Mackler L. Disease-Specific Gender Differences Among Total Knee Arthroplasty Candidates. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*. 2007;89(11):2327-2333.
8. Slemenda C. Quadriceps Weakness and Osteoarthritis of the Knee. *Annals of Internal Medicine*. 1997;127(2):97.
9. Slemenda C, Heilman D, Brandt K, Katz B, Mazzuca S, Braunstein E et al. Reduced quadriceps strength relative to body weight: A risk factor for knee osteoarthritis in women?. *Arthritis & Rheumatism*. 1998;41(11):1951-1959.
10. Petterson S, Mizner R, Stevens J, Rasis L, Bodenstab A, Newcomb W et al. Improved function from progressive strengthening interventions after total knee arthroplasty: A randomized clinical trial with an imbedded prospective cohort. *Arthritis & Rheumatism*. 2009;61(2):174-183.
11. Durmuş D, Alaylı G, Cantürk F. Effects of quadriceps electrical stimulation program on clinical parameters in the patients with knee osteoarthritis. *Clinical Rheumatology*. 2006;26(5):674-678.
12. Roseff M, Schneeberger E, Citera G, Sgobba M, Laiz C, Schmulevich H et al. Effects of Functional Electrostimulation on Pain, Muscular Strength, and Functional Capacity in Patients With Osteoarthritis of the Knee. *JCR: Journal of Clinical Rheumatology*. 2004;10(5):246-249.

13. Bax L, Staes F, Verhagen A. Does Neuromuscular Electrical Stimulation Strengthen the Quadriceps Femoris? *Sports Medicine*. 2005;35(3):191-212.
14. Kern H, Barberi L, Lafler S, Sbardella S, Burggraf S, Fruhmann H et al. Electrical Stimulation Counteracts Muscle Decline in Seniors. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2014;6.
15. Vaz M, Baroni B, Geremia J, Lanferdini F, Mayer A, Arampatzis A et al. Neuromuscular electrical stimulation (NMES) reduces structural and functional losses of quadriceps muscle and improves health status in patients with knee osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic Research*. 2012;31(4):511-516.
16. Jones S, Man W, Gao W, Higginson I, Wilcock A, Maddocks M. Neuromuscular electrical stimulation for muscle weakness in adults with advanced disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016;
17. Laufer Y, Elboim-Gabyzon M, Shtarker H. The effects of exercise and neuromuscular electrical stimulation in subjects with knee osteoarthritis: a 3-month follow-up study. *Clinical Interventions in Aging*. 2014;1153.
18. Gaines J, Talbot L, Metter J. The effect of neuromuscular electrical stimulation on chronic pain in older adults with osteoarthritis of the knee. *Geriatric Nursing*. 2004;25(1):52.
19. Bruce-Brand R, Walls R, Ong J, Emerson B, O'Byrne J, Moyna N. Effects of home-based resistance training and neuromuscular electrical stimulation in knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2012;13(1).
20. Palmieri-Smith R, Thomas A, Karvonen-Gutierrez C, Sowers M. A Clinical Trial of Neuromuscular Electrical Stimulation in Improving Quadriceps Muscle Strength and Activation Among Women With Mild and Moderate Osteoarthritis. *Physical Therapy*. 2010;90(10):1441-1452.
21. Elboim-Gabyzon M, Rozen N, Laufer Y. Does neuromuscular electrical stimulation enhance the effectiveness of an exercise programme in subjects with knee osteoarthritis? A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2012;27(3):246-257.
22. De Oliveira Melo M, Aragão F, Vaz M. Neuromuscular electrical stimulation for muscle strengthening in elderly with knee osteoarthritis – A systematic review. *Complementary Therapies in Clinical Practice*. 2013;19(1):27-31.
23. Giggins O, Fullen B, Coughlan G. Neuromuscular electrical stimulation in the treatment of knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*. 2012;26(10):867-881.
24. Maffiuletti N, Minetto M, Farina D, Bottinelli R. Electrical stimulation for neuromuscular testing and training: state-of-the art and unresolved issues. *European Journal of Applied Physiology*. 2011;111(10):2391-2397.
25. Maffiuletti N. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *European Journal of Applied Physiology*. 2010;110(2):223-234.

26. Park S, Hwangbo G. Effects of combined application of progressive resistance training and Russian electrical stimulation on quadriceps femoris muscle strength in elderly women with knee osteoarthritis. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27(3):729-731.
27. Talbot L, Gaines JM, Ling SM, Metter EJ. A home-based protocol of electrical muscle stimulation for quadriceps muscle strength in older adults with osteoarthritis of the knee. *The Journal of rheumatology*, v. 30, n. 7, p. 1571-1578, 2003.
28. Gibson J, Morrison W, Scrimgeour C, Smith K, Stoward P, Rennie M. Effects of therapeutic percutaneous electrical stimulation of atrophic human quadriceps on muscle composition, protein synthesis and contractile properties. *European Journal of Clinical Investigation*. 1989;19(2):206-212.
29. Fransen M, McConnell S, Hernandez-Molina G, Reichenbach S. Exercise for osteoarthritis of the hip. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2014;
30. Monaghan B, Caulfield B, O'Mathúna D. Surface neuromuscular electrical stimulation for quadriceps strengthening pre and post total knee replacement. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2010;
31. Marks R, Ungar M and Ghasemmi M. Electrical muscle stimulation for osteoarthritis of the knee: biological basis and systematic review. *NZ Journal Physiotherapy*. 2000; 28: 6–20.
32. Melo M, Pompeo K, Baroni B, Vaz M. Effects of neuromuscular electrical stimulation and low-level laser therapy on neuromuscular parameters and health status in elderly women with knee osteoarthritis: A randomized trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2016;48(3):293-299.
33. Tok F, Aydemir K, Peker F, Safaz I, Taskaynatan MA and Ozgul A. The effects of electrical stimulation combined with continuous passive motion versus isometric exercise on symptoms, functional capacity, quality of life and balance in knee osteoarthritis: randomized clinical trial. *Rheumatol Int* 2009; 1–5.
34. Burch FX, Tarro JN, Greenberg JJ and Carroll WJ. Evaluating the benefits of patterned stimulation in the treatment of osteoarthritis of the knee. A multi-center, randomized, single-blind, controlled study with an independent masked evaluator. *Osteoarthritis Cartilage* 2008; 16: 865–872.
35. Mizusaki I, Aline et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation combined with exercises versus an exercise program on the pain and the function in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *BioMed research international*, v. 2013, 2013.
36. Lamont LA, Tranquilli WJ, Grimm KA. Physiology of pain. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* [Internet]. 2000 Jul [cited 2017 Dec 5];30(4):703–28, v. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10932821>
37. O'Reilly S, Muir K, Doherty M. Effectiveness of home exercise on pain and disability from osteoarthritis of the knee: a randomized controlled trial. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 1999;58(1):15-19.

38. Spector P, Laufer Y, Elboim Gabyzon M, Kittelson A, Stevens Lapsley J, Maffiuletti N. Neuromuscular Electrical Stimulation Therapy to Restore Quadriceps Muscle Function in Patients After Orthopaedic Surgery. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2016;98(23):2017-2024.
39. Da Silva V, Durigan J, Arena R, de Noronha M, Gurney B, Cipriano G. Current evidence demonstrates similar effects of kilohertz-frequency and low-frequency current on quadriceps evoked torque and discomfort in healthy individuals: a systematic review with meta-analysis. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2015;31(8):533-539.
40. Dantas L, Vieira A, Siqueira A, Salvini T, Durigan J. Comparison between the effects of 4 different electrical stimulation current waveforms on isometric knee extension torque and perceived discomfort in healthy women. *Muscle & Nerve*. 2015;51(1):76-82.
41. Snyder-Mackler L, Delitto A, Stralka S, Bailey S. Use of Electrical Stimulation to Enhance Recovery of Quadriceps Femoris Muscle Force Production in Patients Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Physical Therapy*. 1994;74(10):901-907.
42. Maffiuletti N, Vivodtzev I, Minetto M, Place N. A new paradigm of neuromuscular electrical stimulation for the quadriceps femoris muscle. *European Journal of Applied Physiology*. 2014;114(6):1197-1205.
43. Theurel J, Lepers R, Pardon L, Maffiuletti N. Differences in cardiorespiratory and neuromuscular responses between voluntary and stimulated contractions of the quadriceps femoris muscle. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. 2007;157(2-3):341-347.
44. Holman L, Head ML, Lanfear R, Jennions MD. Evidence of Experimental Bias in the Life Sciences: Why We Need Blind Data Recording. *PLOS Biol*. [Internet]. 2015 Jul 8 [cited 2017 Dec 5];13(7):e1002190. Available from: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pbio.1002190>

ANEXO 1. Protocolo de registro da revisão sistemática na PROSPERO.

PROSPERO Registration message [82146]

CRD-REGISTER <irss505@york.ac.uk>

qua 13/12/2017 07:28

Para:araujo_50@hotmail.com <araujo_50@hotmail.com>;

Dear Mr BISPO,

Thank you for submitting details of your systematic review "Neuromuscular electrical nerve stimulation could minimize quadriceps muscle atrophy in patientes with osteoarthritis: a systematic review with meta-analysis" to the PROSPERO register. We are pleased to confirm that the record will be published within the next hour.

Your registration number is: CRD42017082146

You are free to update the record at any time, all submitted changes will be displayed as the latest version with previous versions available to public view. Please also give brief details of the key changes in the Revision notes facility. You can log in to PROSPERO and access your records at <https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO>

Comments and feedback on your experience of registering with PROSPERO are welcome at: crd-register@york.ac.uk

Best wishes for the successful completion of your review.

Yours sincerely,

PROSPERO Administrator
Centre for Reviews and Dissemination
University of York
York YO10 5DD