

Artigo de Revisão Sistemática de Literatura

A estimulação elétrica neuromuscular no quadricípite após a prótese total do joelho: revisão sistemática

Neuromuscular electrical stimulation in quadriceps after total knee prosthesis: systematic review

Maria Inês Souto¹, Diogo Campos^{1*}

¹ Escola Superior de Saúde da Cruz Vermelha Portuguesa, Área de Ensino de Fisioterapia, 1350-125, Lisboa, ms2615@esscvp.eu; dcampos@esscvp.eu

Introdução: A prótese total do joelho (PTJ) é um procedimento cirúrgico, realizado com o objetivo de corrigir qualquer tipo de deformidade existente, diminuir a dor, melhorar a função e amplitude de movimento, promover o aumento da qualidade de vida. Após a PTJ, verifica-se a existência de um ineficaz mecanismo extensor do joelho, associado a défices da força muscular e da capacidade de ativação e, deste modo, a Estimulação Elétrica Neuro Muscular (EENM) tem como objetivos recuperar a força e massa muscular, a correção dos défices de ativação e posterior reeducação muscular. O estudo tem como objetivo verificar a evidência existente relativa à EENM nomeadamente quanto ao aumento da força muscular e capacidade de ativação do quadricípite após a PTJ.

Metodologia: A partir da pesquisa nas bases de dados PubMed e PEDro foram obtidos 764 artigos, tendo sido selecionados apenas seis após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. A qualidade metodológica dos artigos foi avaliada através da escala PEDro.

Resultados e Discussão: A análise dos estudos parece indicar que a EENM promove um aumento da força muscular pré e pós-operatória, assim como na capacidade de ativação voluntária verificando-se uma melhoria do desempenho funcional.

Conclusão: Os resultados obtidos sugerem a existência de benefícios terapêuticos aquando da aplicação da EENM, promovendo um aumento da sua capacidade de ativação, força muscular e consequente desempenho funcional após a PTJ.

Introduction: Total Knee Prosthesis (TKP) is a surgical procedure, performed in order to correct any existing deformity,

reduce pain, improve function and range of motion, increase quality of life. After TKP, there is an ineffective knee extensor mechanism associated with deficits in muscle strength and capacity of activation. Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) has the goal to recover strength and muscle mass, the correction of deficits in activation and muscle rehabilitation. This review aims to determine the existence of evidence about NMES, and how it can influence the increase of muscle strength and activation capacity of the quadriceps after TKP.

Methodology: From PubMed and PEDro databases, 764 articles were identified, but only six were included, after applying inclusion and exclusion criteria. The methodological quality of the articles was assessed using PEDro scale.

Results and Discussion: The studies seem to indicate that NMES increases pre and postoperative muscle strength, as well as the capacity of voluntary activation increasing functional performance.

Conclusion: The results suggest the existence of therapeutic benefits related to NMES, which promotes an increase of the capacity of activation, muscle strength and a consequent functional performance after TKP.

PALAVRAS-CHAVE: Estimulação elétrica neuromuscular; quadríceps; prótese total do joelho.

KEY WORDS: Neuromuscular electrical stimulation; quadriceps; total knee prosthesis.

Submetido em 12 fevereiro 2015; Aceite em 25 junho 2015; Publicado em 31 julho 2015.

* **Correspondência:** Diogo Campos.

Morada: 1350-125 Lisboa, Portugal, Av. Ceuta, Edifício Urbiceuta, Piso 6. **Email:** dcampos@esscvp.eu

INTRODUÇÃO

Prótese total do joelho

A artroplastia total do joelho ou prótese total do joelho (PTJ) é um procedimento cirúrgico, que tem vindo a ser muito desenvolvido nos últimos anos^{1,2}, predominantemente em utentes com patologias ao nível da articulação do joelho, sendo a mais comum a osteoartrose. Este tipo de cirurgia é realizado com o intuito de corrigir qualquer tipo de deformidade existente, diminuição da dor, permitir/melhorar a função e a amplitude de movimento (ROM), assim como um aumento da qualidade de vida¹⁻⁷.

Atualmente, a maior parte das PTJ envolve um sistema bicompartimental (sistema no qual são substituídas na íntegra as superfícies femorais e

tibiais), existindo também o sistema unicompartimental (onde apenas as superfícies mediais ou laterais do fémur e da tíbia) são substituídas⁴⁻⁷ e o sistema tricompartmental (no qual ocorre a substituição das três componentes: femoral, tibial, e patelar)⁴⁻⁹. Relativamente à abordagem cirúrgica, esta pode ser de dois tipos, sendo uma delas Convencional/Tradicional ou Minimamente Invasiva onde se distinguem duas abordagens: Com ou Sem Incisão do músculo quadríceps^{4-7,10}. Comparando estes dois tipos de intervenção cirúrgica verifica-se que o acesso tradicional (abordagem que contempla um implante com um design com um eixo multidirecional, tratando-se de uma incisão desde a região distal do fémur até à região medial da patela) irá provocar uma maior diminuição da ROM ao nível da articulação patelo-femoral e a longo prazo uma dor ao nível da

região anterior do joelho, na medida em que será necessário um maior esforço para a realização de extensão do joelho e consequentemente uma diminuição da capacidade de gerar força por parte do quadríceps. Relativamente à outra abordagem cirúrgica, possui um eixo unidirecional fixo que se encontra alinhado com o eixo imaginário que une os dois epicôndilos femorais e sobre o qual é realizado o movimento de flexão e de extensão do joelho. Deste modo confere mais estabilidade da articulação e correta função dos ligamentos, permitindo um melhor deslizamento do fêmur e a amplitude total de movimento, e consequentemente uma perfeita conjugação de forças ao nível da articulação patelo-femoral de modo a que haja uma adequada ativação do músculo quadríceps durante o movimento de extensão do joelho^{4,7,11}.

O modelo de implante varia conforme a estabilidade dividindo-se em três tipos: sem estabilidade (não apresenta qualquer tipo de estabilidade), com estabilidade parcial (é o modelo utilizado mais frequentemente na PTJ, confere algum grau de estabilidade, não provocando grandes limitações ao nível da mobilidade) ou completamente estável (trata-se de um modelo muito estável, provocando grandes limitações ao nível da mobilidade)^{4,12}; consoante o tipo de apoio (fixo ou móvel), e a preservação ou substituição do ligamento cruzado posterior^{4,5,7,11}. Por último, no que diz respeito à fixação, esta divide-se em cimentada, não cimentada ou híbrida. A fixação cimentada refere-se à utilização de implantes metálicos com cimento acrílico tanto no fêmur como na tíbia. No que diz respeito à fixação não cimentada, são utilizados implantes com um revestimento poroso que tem como finalidade o crescimento ósseo através da utilização de outro revestimento com hidroxiapatita, permitindo assim a integração do implante (osteointegração) e o aumento da durabilidade da prótese evitando deste modo a sua revisão precoce. Por último, a fixação híbrida trata-se da conjugação dos dois métodos de fixação referidos anteriormente, ou seja, a fixação não cimentada do componente femoral e a fixação cimentada do componente tibial^{4,5,7}.

O presente estudo tem como objetivo verificar a

evidência existente acerca da aplicação da estimulação elétrica neuromuscular (EENM) e de que forma esta pode influenciar o aumento da força muscular e capacidade de ativação do quadríceps (após a prótese total do joelho), quando comparada com protocolos habitualmente utilizados durante o processo de reabilitação.

Este tipo de estudos revela-se de extrema relevância e significância para a Fisioterapia visto que reúne evidência científica relativamente a uma técnica de intervenção, proporcionando que os Fisioterapeutas tenham o melhor desempenho e uma diminuição do tempo de recuperação por parte do(a) utente.

Estimulação elétrica neuro muscular (EENM)

Após a PTJ têm-se verificado grandes défices ao nível da performance/desempenho muscular, podendo estes dever-se a falhas ao nível da ativação muscular.¹³⁻¹⁴

A EENM consiste na criação de impulsos elétricos que se irão propagar através dos eletrodos colocados na pele, ao nível do ventre muscular de modo a gerar um potencial de ação, que se irá traduzir na contração muscular¹⁵⁻¹⁷. A EENM tem como principais objetivos: recuperar a massa e função/força muscular após longos períodos de imobilização, correção de défices de ativação e posterior reeducação muscular (de modo a promover uma contração muscular eficaz) e fortalecimento muscular pré-operatório^{13-16,18-20}.

A intensidade da contração que se pretende obter e o músculo no qual se pretende intervir vão influenciar a escolha do eletrodo a ser utilizado, visto que a intensidade da corrente vai ser menor se for utilizado um eletrodo com maior área e viceversa²¹.

No que diz respeito ao recrutamento de unidades motoras a nível muscular, este vai encontrar-se diretamente relacionado com a intensidade da corrente aplicada, na medida em que quanto maior for a intensidade da mesma, maior será o recrutamento de unidades motoras^{17,21}.

O músculo quadríceps crural após a prótese total do joelho

Apesar das várias alterações que a PTJ tem sofrido nos últimos anos, relativamente às técnicas e tipo de implantes utilizados, continua a verificar-se um ineficaz mecanismo de extensão do joelho. Apesar do início precoce da Fisioterapia (cerca de 48 horas após a cirurgia), continuam presentes défices relativamente à força muscular (verificando-se uma diminuição entre os 50% e os 60% comparativamente com os valores anteriores à cirurgia) e capacidade de ativação por parte do quadríceps (apresentando esta, uma diminuição de cerca de 17%, relativamente aos valores iniciais), constatando-se também a existência dos mesmos défices, cerca de seis a 13 anos após a cirurgia quando comparados com indivíduos sem patologia (osteoartrose)^{2,14,18,22-23}.

Relativamente ao mecanismo extensor do joelho, a sua ineficácia pode conduzir a determinados fatores, tais como: o aumento do risco de quedas, alterações no ciclo de marcha, diminuição do equilíbrio, dificuldade na realização de atividades de vida diária (AVD) como subir e descer escadas e na passagem da posição de sentado para a posição de pé, e uma consequente restrição da participação social^{2,22,24-26}.

METODOLOGIA

O presente estudo é uma revisão sistemática de literatura realizada com o intuito de verificar de que forma a EENM pode induzir alterações no quadríceps após a PTJ.

No que concerne à metodologia do presente estudo/artigo foram realizadas quatro pesquisas nas bases de dados PubMed e PEDro, tendo sido obtidos 764 artigos a partir do cruzamento das seguintes palavras-chave: estimulação elétrica neuromuscular, quadríceps e prótese total do joelho. Durante o processo de seleção dos mesmos foi utilizado um conjunto de critérios de inclusão e de exclusão, tendo sido considerados como critérios de inclusão os artigos científicos que incluíssem grupos de controlo, que tivessem sido sujeitos a PTJ e a EENM ou EENM e

Fisioterapia após a PTJ, tendo sido selecionados apenas *randomized controlled trials* (RCT). Como critérios de exclusão, não foram selecionados artigos dos quais apenas se dispusesse do título, resumo e que não se encontrem escritos em Português e/ou Inglês; artigos nos quais a população alvo não tivesse sido humana ou que os sujeitos da amostra sofressem de qualquer tipo de patologia a nível neural, muscular ou ósseo, tendo também sido excluídos artigos repetidos após a pesquisa nas bases de dados. Foram excluídos 758 artigos tendo sido incluídos apenas seis.

Posteriormente a qualidade metodológica dos artigos foi avaliada através da escala PEDro, na qual foi obtido um score referente a cada artigo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na presente revisão, foram incluídos seis estudos dos quais cinco foram publicados entre 2008 e 2013, e um em 2004, em língua inglesa, apresentando dados relativamente a um total de 366 pacientes.

Os artigos selecionados foram submetidos à escala PEDro, na qual foi avaliada a sua qualidade metodológica. Esta (escala PEDro) apresenta um elevado nível de fiabilidade interobservador (Kappa = 0.80), e validade (apresentando um $r = 0.99$)²⁷.

A qualidade metodológica dos artigos variou entre o score de 3/10²⁸, 4/10²⁹⁻³⁰, 5/10¹⁴, 6/10¹⁸ e 7/10¹⁹ verificando-se deste modo a existência de artigos com uma boa e uma baixa qualidade metodológica.

As tabelas que se seguem fornecem informações relativas aos parâmetros eletroterapêuticos (Tabela 1), características da amostra referentes a cada estudo (Tabela 2) e resultados obtidos pela escala PEDro (Tabela 3).

Após a PTJ, verifica-se a existência de várias alterações e limitações. A EENM desempenha um papel na correção destes défices, sendo as opiniões relativas à sua eficácia díspares entre os autores dos estudos.

No estudo de Petterson²⁹, foram comparados dois protocolos utilizados na reabilitação pós-operatória da PTJ com um programa de fortalecimento muscular progressivo e um programa de fortalecimento muscular progressivo associado à EENM. O fortalecimento muscular progressivo após a PTJ com ou sem a utilização da EENM produz melhorias significativas apresentando resultados tanto a curto prazo como a longo prazo no que diz respeito à recuperação a nível funcional e melhoria da qualidade de vida em adultos/idosos.

Nos resultados de Levine e colegas¹⁴ um programa de reabilitação pós-operatória realizado por um fisioterapeuta não apresentou grandes vantagens a nível funcional para os pacientes sujeitos a PTJ, quando comparado com a EENM e um programa de exercícios não supervisionados, que promovam o aumento da amplitude de movimento (ROM). No entanto, defendem que existem resultados significativos quando a reabilitação realizada pelo fisioterapeuta é conjugada com a EENM, tendo este facto sido verificado seis semanas e seis meses no pós-operatório através da avaliação da força muscular do quadríceps e dos questionários de satisfação.

Em três dos artigos analisados a EENM promoveu um aumento do nível da força muscular do quadríceps pré-operatório¹⁹ (prevenindo a atrofia muscular pós-operatória), bem como numa fase inicial do processo de reabilitação prolongando-se os ganhos obtidos até cerca de um ano após a cirurgia.^{14,30} Sendo que o grau de alteração e o tempo que decorreu entre a avaliação inicial e intermédia no estudo de Stevens e colegas³⁰ correspondeu a mudanças na força muscular do quadríceps, sugerindo deste modo que as maiores alterações se verificam numa fase precoce do tratamento com EENM e que a causa mais provável para este facto é a rápida resolução dos défices de ativação verificados a nível muscular.

Relativamente à capacidade de ativação voluntária, constatou-se uma melhoria do desempenho funcional após a PTJ^{14,30}. De acordo com Stevens e colegas³⁰, um dos pacientes incluídos no estudo não referiu qualquer tipo de dor, quer durante a contração

muscular quer durante a realização de atividades funcionais após a PTJ. Tendo em conta este facto, verifica-se que a ausência de dor poderá ter sido responsável pelo aumento da ativação muscular pós-cirurgia, no entanto, ao contrário dos restantes pacientes não se constatarem alterações tão significativas, podendo este facto causar uma diminuição das expectativas e da motivação provocando alterações na recuperação a nível funcional.

Tendo em conta os resultados de Marmon e colegas²⁸ a força muscular do quadríceps, a sua capacidade de ativação e a área transversal do músculo tiveram melhorias clínicas e estatisticamente significativas durante o período de intervenção. A dose da EENM foi significativa e encontrou-se correlacionada positivamente com a força e o aumento de ativação muscular, no entanto, não se verificaram aumentos da área transversal a nível muscular. Este facto encontra-se de acordo com a literatura visto que quanto maior for a dose aplicada maior será o recrutamento de unidades motoras e consequentemente o aumento de força e ativação muscular (Montenegro)¹⁷.

Os défices de ativação são ultrapassados durante a aplicação de EENM. Talvez o principal mecanismo pelo qual a EENM contribui para o ganho de força muscular seja através dos seus efeitos sobre a ativação muscular voluntária.

Tendo em conta os resultados apresentados previamente, são vários os fatores que podem ter contribuído para a sua diversidade, entre eles a data de início de realização de Fisioterapia, sendo que em três estudos selecionados²⁸⁻³⁰ esta foi iniciada três a quatro semanas após a realização da PTJ, tendo noutros estudos sido iniciada 48 horas após¹⁴, oito semanas antes e 12 semanas após a PTJ¹⁹ e um dia antes e um dia após¹⁴. Este fator apresenta particular importância, visto que o início da realização de Fisioterapia pouco tempo após a PTJ permite atenuar a perda precoce de força muscular e consequentemente as limitações a nível funcional que daí advêm¹⁸. A duração do tratamento assim como o plano de tratamento executado também são

variáveis a ter em conta visto que estes fatores não são consensuais nos seis artigos incluídos. De acordo com Hurley³¹ um programa de reabilitação que dure quatro semanas e envolva a realização de um treino isocinético, não é eficaz para a resolução dos défices que se verificam relativamente à capacidade de ativação e produção de força muscular. Segundo Bell e Hakkinen³² deve ser realizado um plano de treino que envolva o treino aeróbio e anaeróbio, de modo a promover tanto a força como a endurance muscular, sendo que estas alterações a nível muscular (quer da força quer da endurance) podem dever-se ao aumento da atividade enzimática e do tamanho das fibras musculares. Tendo em conta os protocolos utilizados no presente estudo verificou-se que os programas de fortalecimento muscular com e sem a EENM apresentavam melhores resultados²⁹. No entanto, Vanderthommen e Hainut³² consideram que as possíveis alterações relativas à performance muscular se encontram dependentes do tipo de treino, podendo um treino que envolva a EENM apresentar melhores resultados, visto que promove um aumento da pressão sanguínea e consumo de oxigénio durante a sua realização, quando comparada com o programa de exercícios voluntários.

A abordagem cirúrgica apenas é referida em três estudos^{18,29-30} sendo que foi efetuada a colocação de uma prótese tricompartimental cimentada, sendo que num deles a intervenção foi realizada bilateralmente³⁰, tendo para isso sido utilizada uma incisão cirúrgica parapatelar medial. Este aspeto pode ter influenciado os resultados obtidos tal como referiu Greene e colegas² visto que a PTJ é influenciada pela patologia do utente, técnica cirúrgica, design do implante, e protocolo de intervenção utilizado de modo a maximizar a força muscular do quadríceps pós-operatória. O design do implante utilizado pode influenciar o rolamento e o deslizamento ao nível da articulação do joelho, assim como o eixo de rotação entre o fémur e a tíbia causando consequentemente alterações da ROM (Banks e colegas)¹¹.

A discrepância dos resultados pode também ter sido devida à intensidade da corrente utilizada em cada estudo, visto que, em quatro dos estudos

incluídos^{18,28-30} a intensidade da EENM, dependeu da máxima tolerância de cada paciente à estimulação, e num dos estudos teve um valor pré-definido de 70 mA¹⁹. Deste modo existe alguma subjetividade inerente, na medida em que alguns dos pacientes que foram sujeitos à terapia não atingiram o seu limiar de tolerância à estimulação, durante a 1.ª sessão, tendo outros superado esse limiar^{18,28-30}.

Outra das possíveis causas foi o tamanho dos elétrodos utilizados tendo, em três estudos, sido utilizados dois elétrodos com 7.6 cm x 12.7 cm^{18,29,30}, num estudo, quatro elétrodos com 194 cm², 83 cm², 74 cm² e 66 cm²,¹⁹ e noutro, dois elétrodos com 7.2 cm x 12.7 cm²⁸. Este facto poderá ter conduzido a alterações, visto o tamanho dos elétrodos apresentar uma relação direta com a intensidade da corrente²¹.

A utilização de diferentes instrumentos de medida em cada estudo, assim como as datas em que foi realizada a avaliação pós-operatória, poderá ter levado à obtenção de resultados diversos não sendo deste modo possível estabelecer uma associação entre eles.

O facto de os profissionais que administraram a terapia terem disso conhecimento, também pode ter influenciado os resultados, assim como o facto de em alguns dos estudos^{14,19} ter sido realizada tanto uma avaliação como uma intervenção pré-operatória e os diferentes parâmetros eletroterapêuticos utilizados durante os estudos.

Os resultados obtidos por quatro dos estudos incluídos^{18-19,28,30} encontram-se de acordo com a literatura, segundo Bolanos e colegas³¹ tendo-se verificado uma correção dos défices de ativação, sendo estes responsáveis pelos baixos níveis de satisfação por parte dos pacientes sujeitos a PTJ, perda de autonomia funcional, podendo um mecanismo extensor ineficaz causar um aumento do risco de queda e alterações ao nível da marcha (segundo Lord)²⁶.

As melhorias na capacidade de ativação voluntária, traduziram-se numa melhoria do desempenho funcional após a PTJ, de acordo com os estudos de

Stevens-Lapsley e colegas, Walls e colegas e Stevens e colegas^{18-19,30} verificando-se este facto na literatura de Meier³³, constatando-se também a forte correlação entre a musculatura extensora do joelho e os resultados a nível funcional, assim como na capacidade de subir e descer escadas, levando a um consequente aumento do KSS Score de acordo com Silva²⁴.

O aumento da ROM e força pré-operatória, são uma mais-valia e apresentam uma relação direta com os resultados pós-operatórios¹⁹ comprovados por Sancheti e colegas³⁴.

O início precoce da Fisioterapia, cerca de 48 horas após, reduz a existência de défices na produção de força muscular e no recrutamento de unidades motoras, como foi possível verificar em três estudos²⁸⁻³⁰ e também comprovado por Mizner³¹.

A EENM também pode ser aplicada após a reconstrução do ligamento cruzado anterior uma vez que se verifica diminuição da força por parte do aparelho extensor, alterações da marcha, tendo sido constatada a sua eficácia cerca de quatro semanas após a reconstrução a partir da realização de um treino de baixa intensidade e um número reduzido de sessões, verificando-se a sua eficácia tal como após a PTJ na melhoria do seu desempenho a nível funcional³⁵.

CONCLUSÃO

A presente revisão sugere a existência de benefícios terapêuticos aquando da aplicação da EENM ao nível do quadríceps após a prótese total do joelho, promovendo tanto um aumento da sua capacidade de ativação como força muscular repercutindo-se numa consequente melhoria do seu desempenho a nível funcional após a prótese total do joelho, no entanto, a amostra em estudo é muito reduzida de modo a que seja possível retirar ilações relativamente à eficácia da terapia em causa. Constatando-se que a dose da EENM encontra-se diretamente correlacionada com a força e aumento da ativação muscular, não se verifica contudo qualquer tipo de

relação com a área transversal do músculo.

Tendo em conta os resultados apresentados anteriormente, são vários os fatores que podem ter contribuído para a sua diversidade, entre eles: a data de início da Fisioterapia, a duração do tratamento e a intervenção realizada, o tipo de abordagem cirúrgica e design do implante, assim como os diferentes parâmetros eletroterapêuticos e a utilização de diferentes instrumentos de avaliação.

A presente revisão apresenta como limitações, o facto de ter sido selecionada uma amostra tão reduzida devido aos critérios de inclusão e exclusão utilizados, de modo a responder ao objetivo delineado.

Deste modo, para estudos futuros sugerem-se estudos nos quais seja possível verificar a eficácia da terapia (EENM) noutras condições, nas quais se verifique uma diminuição da força e capacidade de ativação a nível muscular, assim como na colocação de outro tipo de próteses e de que forma as diferentes abordagens cirúrgicas possam influenciar a utilização da EENM e da intervenção por parte do Fisioterapeuta. É também aconselhável a pesquisa de um maior número de estudos, mais recentes, permitindo deste modo uma maior amostra, para ser retirado outro tipo de conclusões.

Em suma, a presente técnica mostrou a sua eficácia na correção de défices pós-operatórios no músculo quadríceps, tornando-se deste modo numa mais-valia para o fisioterapeuta e para a sua prática diária.

REFERÊNCIAS

1. Singh. Epidemiology of knee and hip arthroplasty: A systematic review. The Open Orthopaedic Journal [periódico online]. 2011 [citado 2015 Fev 12]; 5: 80-85. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3092498/pdf/TOORTHJ-5-80.pdf>
2. Greene, Schurman II. Quadriceps muscle function in primary total knee arthroplasty. The Journal of Arthroplasty. 2008; 23: 15-19, e2.

3. Honório de Carvalho Júnior, Costa de Castro, Gonçalves, Rodrigues, Pinto da Cunha, Lopes. Amplitude de movimento após artroplastia total do joelho. *Acta Ortop Bras* [periódico online]. 2005 [citado 2015 Fev 12]; 13: 233-4. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aob/v13n5/a04v13n5.pdf>
4. Kisner, Colby. Exercícios terapêuticos: Fundamentos e Técnicas (5.ª ed.). São Paulo: Manole; 2009.
5. Martin, Scott, Thornhill. Current concepts of total knee arthroplasty. *JOSPT* [periódico online]. 1998 [2015 Fev 12]. 28: 252-61. Disponível em: <http://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.1998.28.4.252>
6. Ibrahim, Khan, Nizam, Haddad. Peri-operative interventions producing better functional outcomes and enhanced recovery following total hip and knee arthroplasty: An evidence- based review. *BMC Medicine* [periódico online]. 2013 [citado 2015 Fev 12]; 11. Disponível em: <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1741-7015-11-37.pdf>
7. Tírico, Pasqualin, Pécora, Gobbi, Pécora, Demange. Estudo da estabilidade dos componentes na artroplastia total do joelho sem cimento. *Acta Ortop Bras* [periódico online]. 2012 [citado 2015 Fev 12]; 20: 230-4. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aob/v20n4/a08v20n4.pdf>
8. Ma, Lu, Kwok, Ho, Huang, Huang. The effect of the design of the femoral component on the conformity of the patellofemoral joint in total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br* [periódico online]. 2007 [citado 2015 Fev 12]; 89: 408-12. Disponível em: <http://www.bjj.boneandjoint.org.uk/content/89-B/3/408.full.pdf+html>
9. Helmy, Anglin, Greidanus, Masri. To resurface or not to resurface the patella in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* [periódico online]. 2008 [citado 2015 Fev 12]; 466: 2775-83. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2565036/>
10. Chen, Alan, Redziniak, Tria Jr. Quadriceps sparing total knee replacement: The initial experience with results at two to four years. *J Bone Joint Surg Br* [periódico online]. 2006 [citado 2015 Fev 12]; 88: 1448-53. Disponível em: <http://www.bjj.boneandjoint.org.uk/content/88-B/11/1448.full.pdf+html>
11. Victor, Banks, Bellemans. Kinematics of posterior cruciate ligament-retaining and substituting total knee arthroplasty: A prospective randomized outcome study. *J Bone Joint Surg Br* [periódico online]. 2005 [citado 2015 Fev 12]; 87-B: 646-55. Disponível em: <http://www.bjj.boneandjoint.org.uk/content/87-B/5/646.full.pdf+html>
12. Pereira, Walsh, Wasserman, Banks, Jaffe, Di Cesare. Kinematics of the stiff total knee arthroplasty. *Journal of arthroplasty*. 2008; 23: 894-901.
13. Stevens-Lapsley, Balter, Wolfe, et al. Relationship between intensity of quadriceps muscle neuromuscular electrical stimulation and strength recovery after total knee arthroplasty. *Physical Therapy* [periódico online]. 2012 [citado 2015 Fev 12]; 92: 1187-96. Disponível em: <http://ptjournal.apta.org/content/92/9/1187.full.pdf+html>
14. Levine, McElroy, Stakich, Cicco. Comparing conventional physical therapy rehabilitation with neuromuscular electrical stimulation after TKA. *Orthopedics* [periódico online]. 2013 [citado 2015 Fev 12]; 36: e319-24. Disponível em: <http://www.healio.com/orthopedics/journals/ortho/2013-3-36-3/%7B66935d79-8df3-470a-8e7f-e6c423ee388c%7D/comparing-conventional-physical-therapy-rehabilitation-with-neuromuscular-electrical-stimulation-after-tka.pdf>
15. Imoto, Peccin, Gomes da Silva, Teixeira, Abrahão, Trevisani. 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* [periódico online]. 2013 [citado 2015 Fev 12]. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24151589>
16. Fox, Sharp. Practical electrotherapy: A guide to safe application. London: Churchill Livingstone; 2007.
17. Ferreira, Bentes, Baldan, Liebano. Posicionamento dos elétrodos no músculo quadríceps femoral durante a estimulação elétrica neuromuscular: Revisão sistemática da literatura. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde* [periódico online]. 2008 [citado 2015 Fev 12]; 16: 61-5. Disponível em: http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_ciencias_saude/article/viewFile/378/190
18. Stevens-Lapsley, Balter, Wolfe, Eckhoff, Kohrt. Early neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps strength after total knee arthroplasty: A randomized controlled trial. *Physical Therapy* [periódico online]. 2012 [citado 2015 Fev 12]; 92: 210-26. Disponível em: <http://ptjournal.apta.org/content/92/2/210.full.pdf+html>
19. Walls, McHugh, O`Gorman, Moyna, O`Byrne. Effects of preoperative neuromuscular electrical stimulation on quadriceps strength and functional recovery in total knee arthroplasty: A pilot study. *BMC Musculoskeletal Disorders* [periódico online]. 2010 [citado 2015 Fev 12]; 11. Disponível em: <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1471-2474-11-119.pdf>
20. Imoto, Peccin, Teixeira, Gomes da Silva, Abrahão, Trevisani. Is neuromuscular electrical stimulation effective for improving pain, function and activities of daily living of knee osteoarthritis patients? A randomized clinical trial. *São Paulo Med J* [periódico online]. 2013 [citado 2015 Fev 12]; 131: 80-7. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/spmj/v131n2/1516-3180-spmj-131-02-80.pdf>

21. Kitchen. *Electrotherapy: Evidence-Based Practice*. (11ª ed.). Elsevier Churchill Livingstone; 2002.
22. Mizner, Stevens, Mackler. Voluntary activation and decreased force production of the quadriceps Femoris muscle after total knee arthroplasty. *Physical Therapy*. 2003; 83, 359-365.
23. Lewek, Stevens, Snyder-Mackler. The use of electrical stimulation to increase quadriceps femoris muscle force in an elderly patient following a total knee arthroplasty. *Phys Ther* [periódico online]. 2001 [citado 2015 Fev 12]; 81: 1565-71. Disponível em: <http://ptjournal.apta.org/content/81/9/1565.full.pdf+html>
24. Silva, Shepherd, Jackson, Pratt, McClunq, Schmalzried. Knee strength after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2003; 18: 605-11.
25. Bastiani, Ritzel, Bortoluzzi, Vaz. Trabalho e potência dos músculos extensores e flexores do joelho de pacientes com osteoartrite e com artroplastia total do joelho. *Rev Bras Reumatol* [periódico online]. 2012 [citado 2015 Fev 12]; 52: 189-202. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbr/v52n2/v52n2a04.pdf>
26. Bernstein, Bergeron, Antoniou. Extensor mechanism deficiency in total knee arthroplasty. *Seminars in Arthroplasty*. 2009; 20: 190-3.
27. Costa. Tradução e adaptação da PEDro Scale para a cultura portuguesa: Um instrumento de avaliação de ensaios clínicos em Fisioterapia [Online]. Dissertação de Mestrado em Ciências da Fisioterapia. Lisboa: Faculdade de Motricidade Humana, Universidade Técnica de Lisboa; 2011 [citado 2015 Fev 12]. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/3417>
28. Marmon, Snyder-Mackler. Quantifying neuromuscular electrical stimulation dosage after knee arthroplasty. *J Life Sci (Libertyville)* [periódico online]. 2011 [citado 2015 Fev 12]; 5: 581-3. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3837385/pdf/nihms437867.pdf>
29. Petterson, Mizner, Stevens, et al. Improved function from progressive strengthening interventions after total knee arthroplasty: A randomized clinical trial with an embedded prospective cohort. *Arthritis & Rheumatism (Arthritis Care & Research)* [periódico online]. 2009 [citado 2015 Fev 12]; 61: 174-83. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/art.24167/epdf>
30. Stevens, Mizner, Snyder-Mackler. Neuromuscular electrical stimulation for quadriceps muscle strengthening after bilateral total knee arthroplasty: A case series. *JOSPT* [periódico online]. 2004 [citado 2015 Fev 12]; 34: 21-29. Disponível em: <http://www.jospt.org/doi/pdfplus/10.2519/jospt.2004.34.1.21>
31. Mizner, Stevens, Snyder-Mackler. Voluntary activation and decreased force production of the quadriceps femoris muscle after total knee arthroplasty. *Physical Therapy* [periódico online]. 2003 [citado 2015 Fev 12]; 83: 359-65. Disponível em: <http://ptjournal.apta.org/content/83/4/359.full.pdf+html>
32. Sillen, Franssen, Gosker, Wouters, Spruit. Metabolic and structural changes in lower limb skeletal muscle following neuromuscular electrical stimulation: A systematic review. *PLoS ONE*. 2013; 8: e69391. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3760845/pdf/pon0069391.pdf>
33. Meier, Mizner, Marcus, Dibble, Peters, Lastayo. Total knee arthroplasty: Muscle impairments, functional limitations, and recommended rehabilitation approaches. *JOSPT* [periódico online]. 2008 [citado 2015 Fev 12]; 38: 246-56. Disponível em: <http://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2008.2715>
34. Sancheti, Sancheti, Shyam, Joshi, Patil, Jain. Factors affecting range of motion in total knee arthroplasty using high flexion prosthesis: A prospective study. *Indian Journal of Orthopaedics*. 2013; 47: 50-6.
35. Kim, Croy, Hertel, Saliba. Effects of neuromuscular electrical stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction on quadriceps strength, function and patient-oriented outcomes: A systematic review. *JOSPT* [periódico online]. 2010 [citado 2015 Fev 12]; 40: 383-91. Disponível em: <http://www.jospt.org/doi/pdfplus/10.2519/jospt.2010.3184>

Tabela 1 – Parâmetros eletroterapêuticos dos estudos.

Estudo	Forma da onda	Duração do pulso	Intensidade	Tempo por sessão	Área de Aplicação	Tamanho dos eletrodos	Modo de estimulação
Stevens-Lapsley, e colegas ¹⁸	Corrente Bifásica	250 μ	Máxima tolerada durante cada sessão pelo utente	Iniciada 48 h após a PTJ. 2 / dia, durante 6 semanas (15 repetições por sessão)	A nível distal, medial, proximal e lateral ao quadríceps.	Eletrodos Rectangulares (7.6 cm x 12.7 cm)	Estimulador portátil EMPI 300 PVf
Walls e colegas ¹⁹	Corrente bifásica	50 pulsos/s	70mA	20 min (tempo de contração (5 s), relaxando 10 s)	Ao nível do vasto medial e lateral (proximal e distalmente).	4 eletrodos (194 cm ² , 83 cm ² , 74 cm ² , 66 cm ²)	Estimulador externo (Knee Hab II)
Marmon e colegas ²⁸	Onda sinusoidal	12 μ s	De acordo com a máxima capacidade de contração voluntária no joelho lesionado.	(2/3 vezes por semana, começando ¼ semanas após a cirurgia, durante 18 sessões)	Aplicação proximal no reto femoral e distalmente no vasto medial	2 eletrodos (7.2 cm x 12.7 cm)	Estimulador Grass S8800
Stevens e colegas ³⁰	Corrente alternada	50 pulsos/s	Máxima tolerada pelo utente durante cada sessão	3 vezes por semana durante 6 semanas, (fazendo um total de 18 sessões), começando cerca de ¼ semanas após a cirurgia (realizando 10 s de contrações isométricas, descansando cerca de 80 s entre cada contração).	Aplicação no vasto medial e na região proximal do reto femoral do quadríceps.	Eletrodos flexíveis (7.6 cm x 12.7 cm).	Versastim 380 (Electromed Health Industries)
Levine e colegas ¹⁴	_____	_____	_____	Iniciada 1 dia antes e 1 dia após a ATJ, prolongando-se até aos 60 dias.	_____	_____	Complex Neuromuscular Electrical Stimulator
Petterson e colegas ²⁹	Onda sinusoidal	50 pulsos/s, durante 10 s	Máxima tolerada pelo utente durante cada sessão.	Iniciada 3 a 4 semanas após a ATJ, 2 a 3 vezes por semana, durante 6 semanas.	Aplicados proximalmente ao reto femoral e distalmente do vasto medial.	Dois eletrodos (7.62 cm x 12.70 cm).	Versastim 380 (Electromed Health Industries)

Tabela 2 – Sumário dos estudos selecionados.

Estudo	Escala PEDro	Número de sujeitos	Idade	Medidas de Avaliação	Crítérios de Inclusão	Crítérios de exclusão	Resultados	Conclusões
Stevens-Lapsley e colegas ¹⁸	6/10	55 (30 sujeitos no grupo de EENM e 25 no grupo de controlo).	50-85 anos	TUG (Timed Up and Go), Doublet Interpolation test, Humac Torque, Grass S48, SCT (Stair Climbing Test), 6 MWT (six minute walking test), PCS (Physical Component Score), MCS (Mental Component Score), Womac (Western Ontario and Mc Master Universities Osteoarthritis Index). GRS (Global Rating Scale).	Foram incluídos pacientes, com idades compreendidas entre os 50 anos e os 85 anos. Todos os pacientes foram sujeitos a uma PTJ tricompartimental, cimentada com uma abordagem cirúrgica, ao nível da região medial da patela.	Como fatores de exclusão encontram-se a hipertensão e a diabetes não controlada, um IMC superior a 35 Kg/m ² , défices significativos a nível neurológico, a existência de AO no membro contralateral (definido como uma dor superior a 4/10 aquando da realização de atividade), ou qualquer outro tipo de problema ortopédico ao nível dos MI's.	Verificaram-se melhorias da força muscular do quadríceps, isquiotibiais, performance funcional e na capacidade de extensão activa do joelho com a utilização da EENM às 3 semanas e meia. Às 52 semanas, não se verificaram grandes diferenças entre os grupos, no entanto, os resultados obtidos com a EENM foram significativos para a força muscular do Quadríceps e Isquiotibiais, performance funcional e medidas de auto-avaliação.	A adição da EENM, iniciada 48 horas após a PTJ atenuou a perda de força muscular 3 semanas e meia após a PTJ e melhorou a performance funcional.

Tabela 2 – Sumário dos estudos selecionados (cont.)

Wallse colegas ¹⁹	7/10	14 sujeitos, Grupo EENM (3 (sexo masculino), 6 sexo feminino) Grupo Controlo (1 do sexo masculino, 4 do sexo feminino).	49-80 anos	WOMAC, SF-36	Foram incluídos sujeitos, com uma idade média de 65,4 anos, em fase terminal de AO do joelho, tendo sido recrutados na avaliação pré- operatória.	Foram considerados como critérios de exclusão: Artrite Inflamatória, IMC > 40 kg/m ² , pacemakers ou desfibriladores, problemas dermatológicos, participação recente num programa de exercício/fortaleciment o, distúrbios neurológicos, ou qualquer outro problema nos MI's que comprometa a função.	Constatou-se um aumento da força muscular do quadríceps pré- operatória, traduzindo-se esta em ganhos na marcha, no/na atividade de subir e descer escadas e no/de sentar/levantar. A perda de força muscular pós- operatória foi semelhante em ambos os grupos. Sendo que no grupo da EENM, se verificou uma menor diminuição da força muscular e recuperação funcional quando comparada com o grupo de controlo.	A EENM pré-operatória, pode melhorar a recuperação da força muscular do quadríceps e facilitar o retorno às atividades diárias em utentes sujeitos à ATJ por osteoartrose.
---------------------------------	------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------	--------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabela 2 – Sumário dos estudos selecionados (cont.)

Marmone e colegas ²⁸	3/10	70 (29 sexo Feminino).	51-82 anos	CAR (Central Activation Ratio), LMCSA (Lean Muscle Cross Sectional Area), QI (Quadriceps Index).	Foram incluídos sujeitos que se encontrassem agendados para realizar PTJ, com idades compreendidas entre os 51 anos e os 82 anos.	Como fatores de exclusão encontram-se: IMC >40, Diabetes, pressão arterial não controlada, problemas cardiovasculares, AO sintomática no membro contralateral, ou historial de patologias que limitem a função ao nível dos MI's.	Os tratamentos produziram vários efeitos ao nível da força e ativação, verificando-se o aumento da força em cada sessão derivado das alterações na capacidade de contração por parte do quadríceps.	A dose de estimulação aplicada durante o treino encontra-se diretamente relacionada com as alterações verificadas na capacidade de ativação e de contração muscular, não se verificando o mesmo relativamente à área transversal.
Stevens e colegas ³⁰	4/10	8 sujeitos Grupo EENM (5 sexo masculino), Grupo Exercício (2 sexo masculino, 1 sexo feminino).	61-76 anos	MVIC (Maximal Voluntary Isometric Contraction), CAR (Central Activation Ratio).	Foram incluídos sujeitos, que tivessem realizado uma PTJ tricompartimental cimentada com uma incisão medial parapatelar.	Os pacientes foram excluídos, caso lhes tenha sido diagnosticada Diabetes Mellitus, alterações da pressão arterial, problemas neurológicos, neoplasias e terem um IMC > 40.	os 6 meses após a ATJ as pernas “fracas” de 4 dos 5 pacientes do grupo no qual foi utilizada EENM, apresentaram maior força muscular do que no membro inferior contralateral (que apenas realizou exercícios de ativação voluntária), verificando-se que as alterações na capacidade de ativação do quadríceps mostram as alterações verificadas na força.	Rápida resolução dos défices de força muscular e capacidade de ativação do quadríceps após a PTJ, quando a EENM é adicionada a um programa de exercício voluntário.

Tabela 2 – Sumário dos estudos selecionados (cont.)

Levine e colegas ¹⁴	5/10	66 sujeitos Grupo EENM+Ft (25 sexo feminino, 7 sexo masculino). Grupo Ft (21 sexo feminino, 13 sexo masculino).	> 18 anos	Knee Society Score (KSS), WOMAC (Western Ontario and Mc Master Universities Osteoarthritis Index), Get Up and Go Test (GUG).	Foram incluídos sujeitos com idade superior a 18 anos, agendados para realizar uma ATJ, na sequência de AO, com capacidade para responder por si próprios.	Foram excluídos, caso tivessem idade inferior a 18 anos, que tivessem realizado uma cirurgia de revisão, pacemaker ou desfibrilhador, epilepsia, artrite inflamatória, isquemia dos MI, hérnia abdominal ou inguinal, lesões cutâneas, trauma agudo ou fratura, incapacidade para realizar Ft, diminuição das capacidades mentais, ou que tenham sido admitidos num programa de cuidados continuados.	O processo de reabilitação realizado por um fisioterapeuta, não apresenta nenhuma vantagem funcional na satisfação por parte dos utentes quando comparada com a EENM e um programa de exercícios (que envolva o aumento da ROM) não supervisionados realizados em casa.	A hipótese do estudo em causa foi a de que a Fisioterapia não apresenta grandes vantagens a nível funcional para os utentes submetidos à PTJ, quando comparada com a EENM e um programa de exercícios terapêuticos.
Petterson e colegas ²⁹	4/10	149 sujeitos (81 sujeitos - grupo de exercício, 68 sujeitos grupo EENM/exercício).	50-85 anos	Timed Up and Go, Stair- Climbing Test, Six Minute Walking Test.	Foram incluídos indivíduos entre os 50 anos e os 85 anos; - todos os sujeitos que participaram no estudo foram sujeitos a ATJ.	Os pacientes foram excluídos caso sofressem de Hipertensão não controlada, Diabetes, tivessem um IMC superior a 40 Kg/m ² , osteoartrose sintomática no membro contralateral, (> 4/10), a existência de outro tipo de problemas ortopédicos nos MIs, problemas neurológicos, e residência no exterior da clínica num raio de 20 milhas (=32 Km).	Aos 3 meses e 12 meses, a força, ativação e função foram semelhantes quer no grupo de exercício, quer no grupo que envolvia a realização de exercício e EENM. Tendo sido obtido diferentes resultados aquando da comparação destes dois grupos com programas de reabilitação convencional.	O fortalecimento muscular progressivo com ou sem a utilização da EENM, provoca melhorias significativas após a ATJ, tanto a curto como a longo prazo, atingindo um nível funcional em adultos/idosos. Sendo que a reabilitação convencional, não apresenta resultados semelhantes.

Tabela 3 – Qualidade metodológica dos artigos avaliada através da escala PEDro.

Artigo	Critérios Escala PEDro											Score Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Stevens-Lapsley et al. ¹⁸	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	7/11 (6/10)
Walls, et al. ¹⁹	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	8/11 (7/10)
Marmon, et al. ²⁸	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4/11 (3/10)
Stevens, et al. ³⁰	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	5/11 (4/10)
Levine, et al. ¹⁴	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	6/11 (5/10)
Petterson, et al. ²⁹	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	5/11 (4/10)