

USO DA ELETROESTIMULAÇÃO EM PACIENTES QUE APRESENTAM INIBIÇÃO MUSCULAR ARTROGÊNICA APÓS A CIRURGIA DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR - REVISÃO SISTEMÁTICA

USE OF ELECTROSTIMULATION IN PATIENTS PRESENTING ARTHROGENIC MUSCLE INTRODUCTION AFTER A PREVIOUS CROSS-LINED SURGERY - SYSTEMATIC REVIEW

ANA FLÁVIA DOS SANTOS SOUZA^{1*}, ANA MARIA ABREU DA SILVA², JOÃO BATISTA RAPOSO MAZULLO FILHO⁴, SEÂNIA SANTOS LEAL³

1. Graduanda em Fisioterapia pelo Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA); 2. Graduanda em Fisioterapia pelo Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA); 3. Fisioterapeuta. Doutor em Biologia Celular e Molecular aplicada a saúde - ULBRA; 4. Fisioterapeuta. Doutoranda Engenharia Biomédica – Unicastelo.

* Centro Universitário Santo Agostinho, Avenida Prof. Valter Alencar, 665, São Pedro, Teresina, Piauí, Brasil. CEP: 64019-625. anaflaviasouza24011998@gmail.com

Recebido em 08/01/2020. Aceito para publicação em 10/02/2020

RESUMO

O ligamento cruzado anterior é um importante componente da estrutura do joelho, este, por sua vez, tem como função primordial garantir a estabilidade da articulação, pois, a lesão nesta estrutura é bem comum, principalmente em indivíduos que praticam esporte, nesse contexto, a cirurgia visa a reconstrução dessa estrutura e, como consequência, ocorre a inibição muscular artrogênica (IMA) que nada mais é do que a fraqueza da musculatura. Dentre os protocolos de reabilitação se encontra a eletroestimulação. O objetivo desse estudo é analisar os efeitos do uso da eletroestimulação em pacientes que apresentam inibição muscular artrogênica. Metodologia: trata-se de uma revisão sistemática na qual realizou-se um levantamento bibliográfico nas bases de dados Scielo, Medline, Pubmed e PEDro utilizando como descritores: eletroestimulação, cirurgia, IMA e LCA. Dessa forma, foram pesquisados 64 artigos e, após a análise na escala PEDro, foram selecionados 07 artigos. Resultados: observou-se nos estudos que a eletroestimulação possui benefícios no pós-operatório de LCA, mostrando resultados positivos, obtendo uma recuperação mais rápida, isso associada a outras terapias. Conclusão: conclui-se, então, que se deve usar a eletroestimulação em associação a outra terapia, obtendo uma melhor resposta no tratamento, além da necessidade de mais publicações a cerca do tema.

PALAVRAS-CHAVE: Eletroestimulação, cirurgia, inibição muscular, ligamento cruzado anterior.

ABSTRACT

The anterior cruciate ligament is an important component of the knee structure, which, in turn, has as its primary

function to ensure joint stability and injury to this structure and, especially in individuals who practice sports, surgery aims at reconstructing this structure and how As a consequence, arthrogenic muscle inhibition (AMI) occurs, which is nothing more than muscle weakness. Among the rehabilitation protocols is electrostimulation. The aim of this study is to analyze the effects of the use of electrostimulation in patients with arthrogenic muscle inhibition. Methodology: this is a systematic review where a bibliographic survey was performed in the databases Scielo, Medline, Pubmed and PEDro using as descriptors: electrostimulation, surgery and ACL were searched 64 articles after the analysis in the PEDro scale were selected 07 articles. Results: It was observed in the studies that the electrostimulation does have benefits in the postoperative period of ACL, showing positive results, obtaining a faster recovery associated with other therapies. Conclusion: It is concluded that electrostimulation should be used in combination with another therapy, obtaining a better treatment response, and a larger number of publications on the subject is still needed.

KEYWORDS: Electrostimulation, surgery, muscle inhibition, knee anterior cruciate ligament.

1. INTRODUÇÃO

O joelho é caracterizado como uma articulação gínglimo ou em dobradiça, localizado entre fêmur e tíbia e plana entre fêmur e patella. Os ossos da articulação do joelho são unidos por cápsula articular por ligamentos e meniscos, também tem um grupo muscular que se insere

a sua volta, todos esses componentes do joelho tem uma função que é garantir a sua estabilização¹.

O ligamento cruzado anterior é um importante componente da estrutura do joelho, este, por sua vez, tem como função primordial garantir a estabilidade da articulação a qual fica localizada sobre a superfície intercondilar anterior do platô tibial e passa obliquamente em uma direção posterior, superior e lateral para se inserir na face medial do côndilo femoral lateral sendo constituído por dois tipos de feixes: o anteromedial e o póstero-lateral².

A lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) é uma das mais comuns e sérias lesões ocorrida na vida dos praticantes de atividades físicas. Com a ruptura deste ligamento ocorre uma instabilidade na articulação do joelho com uma considerável rotação interna e translação anterior da tibia, principalmente nos últimos graus de extensão, trazendo limitações nas suas atividades de vida diária e esportiva. Com o propósito de recuperar a estabilidade da articulação torna-se necessário o papel da musculatura periarticular, visto que a estabilidade articular do joelho depende da combinação entre tensão ligamentar, congruência entre as superfícies articulares e contração da musculatura periarticular³.

A cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior é realizada por videoartroscopia ou por via aberta e consiste na substituição do ligamento lesionado por um enxerto de tendão ou outro ligamento. Os enxertos de tecido mais utilizados para substituir o ligamento cruzado anterior são os tendões flexores do joelho e o ligamento patelar, obtidos do próprio paciente. A escolha do enxerto para a cirurgia vai depender de alguns fatores relacionados, principalmente, com o paciente e seu exame físico⁴.

Diante dos problemas musculares observados em pacientes após a reconstrução do LCA, destaca-se a fraqueza do músculo quadríceps femoral, desencadeada pela diminuição da sobrecarga, o derrame articular e a dor, que pode persistir mesmo depois dos seis meses de pós-operatório. Essa fraqueza é resultante de uma ativação voluntária incompleta do músculo proveniente da inibição muscular artrogênica (IMA), que se trata de um reflexo de inibição contínua da musculatura que fica ao redor do joelho quando há danos nessa articulação, posterga a reabilitação na medida em que impeça ganhos da força muscular do grupo muscular e altera, assim, a propriocepção do paciente, pois, além do LCA conter funções mecanorreceptoras, também apresenta funções sensoriais⁵.

A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) é uma técnica de ativação neural, a qual tem por objetivo obter contrações musculares, mediante a utilização de baixos níveis de corrente elétrica⁶. A aplicação da EENM é uma tentativa de prevenir os efeitos patogênicos dos processos de imobilização e dos procedimentos cirúrgicos, a EENM tem grande aplicabilidade, pois reduz o tempo de reabilitação e

promove o retorno dos indivíduos às suas atividades normais em menor tempo⁷.

Este trabalho tem por objetivo analisar os efeitos do uso da eletroestimulação em pacientes que apresentam inibição muscular artrogênica no pós-cirúrgico de ligamento cruzado anterior.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo trata-se de uma revisão sistemática, considerada um modelo de pesquisa que possibilita a síntese de estudos relevantes publicados sobre o assunto estudado, além de promover a melhoria da prática clínica e tomada de decisão. Para sua realização, foram seguidas as seguintes etapas: identificação do tema e formulação da questão de pesquisa; estabelecimento do objetivo da revisão; estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão de artigos para seleção da amostra; definição das informações a serem extraídas dos artigos selecionados; avaliação dos estudos incluídos na revisão sistemática; interpretação e apresentação dos resultados da pesquisa.

O levantamento bibliográfico foi realizado no período de setembro a dezembro de 2019, via biblioteca virtual em saúde (bvs) por meio da busca de publicações nas bases de dados medline (*medical literature analysis and retrieval system online*), scielo (*scientific electronic library online*), PEDro (*physiotherapy evidence database*) e PUBMED, assim como em livros, revistas e periódicos sobre o tema.

Foram utilizados como critérios de inclusão, para a seleção de amostras, os artigos indexados de 2013 a 2019, em periódicos nacionais e internacionais, disponibilizados na íntegra (texto completo e acesso livre), nos idiomas: português, inglês e espanhol, que respondiam à temática do estudo, sendo utilizados os descritores: Eletroestimulação, cirurgia, inibição muscular, ligamento cruzado anterior de joelho.

Como critérios de exclusão não foram utilizados artigos que não abordavam a temática proposta; textos que se encontravam incompletos; indisponíveis na íntegra *on-line*, que não forneciam informações suficientes acerca da temática do estudo e aqueles publicados com tempo cronológico fora do estipulado. Inicialmente foram encontrados 64 artigos de acordo com os descritores utilizados. A filtragem foi realizada mediante seleção de formulário de categorização dos artigos de acordo com o ano, base de dados, área de estudo, titulação dos autores, classificação, modalidade, abordagem, idioma, instrumento de coleta de dados, periódicos e análise dos artigos. Dessa forma, a amostra final foi constituída por 64 artigos.

Durante o desenvolvimento do estudo foram analisados 07 artigos, na tabela 01 foi feita a distribuição das produções científicas por similaridade semântica segundo as variáveis autor/ano, tipo de estudo, descrição da amostra, instrumentos de coleta de dados, intervenção e principais resultados.

Avaliação da qualidade dos artigos

A escala usada para avaliação dos artigos foi a escala de PEDro. Foi desenvolvida pela Physiotherapy Evidence Database para ser empregada em estudos experimentais e tem uma pontuação total de até 10 pontos, incluindo critérios de avaliação de validade interna e apresentação da análise estatística empregada. A escala visa quantificar a qualidade dos ensaios clínicos aleatorizados publicados, de forma a guiar os usuários sobre os aspectos importantes de cada publicação e facilitar a identificação rápida de estudos que contenham informações significativas para a prática profissional.

Tabela 1. Escala PEDRro

Escala PEDRro	Autor						
	Brasileiro,2015	Ediz,2014	Feil,2017	Fitzgerald,2015	Hart,2016	Hasegawa,2016	Lepley, 2015
1. Critérios de elegibilidade	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
2. Distribuição aleatória	0	1	1	1	1	1	0
3. Alocação secreta dos sujeitos	0	1	1	1	1	1	0
4. Semelhança inicial entre os grupos	1	0	1	1	1	1	1
5. "Cegamento" dos sujeitos	0	0	0	1	0	0	0
6. "Cegamento" dos terapeutas	0	0	0	0	0	0	0
7. "Cegamento" dos avaliadores	0	0	0	0	0	0	0
8. Acompanhamento adequado	1	1	1	1	1	1	1
9. Análise da intenção de tratamento	1	1	1	1	1	1	1
10. Comparação intergrupos	1	1	1	1	1	1	1
11. Medidas de precisão e variabilidade	1	1	1	1	1	1	1
Escore Total	5/10	6/10	7/10	8/10	7/10	7/10	6/10

Fonte: Elaborada pelos autores, 2019

A escala PEDro é composta pelos seguintes critérios: 1) especificação dos critérios de inclusão (item não pontuado); 2) alocação aleatória; 3) sigilo na alocação; 4) similaridade dos grupos na fase inicial ou basal; 5) mascaramento dos sujeitos; 6) mascaramento do

terapeuta; 7) mascaramento do avaliador; 8) medida de pelo menos um desfecho primário em 85% dos sujeitos alocados; 9) análise da intenção de tratamento; 10) comparação entre grupos de pelo menos um desfecho primário e 11) relato de medidas de variabilidade e estimativa dos parâmetros de pelo menos uma variável primária.

3. DESENVOLVIMENTO

Tabela 2. Descrição dos artigos segundo as variáveis: Autor/Ano, descrição da amostra, instrumentos de coleta de dados e intervenção principais resultados, Teresina-PI.

AUTOR/ANO	DESCRIÇÃO DA AMOSTRA	INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS E INTERVENÇÃO	PRINCIPAIS RESULTADOS
Brasileiro, et al, 2015	Oito sujeitos submetidos à reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior (média de 9 ± 0.7 meses pós-cirúrgico). Dividido em Grupo I - Exercício Excêntrico Máximo e Grupo II - Exercício Excêntrico Máximo associado à Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM).	Dinamômetro Isocinético Computadorizado, conversor analógico-digital, gerador de corrente modelo Neurodin. Cada sujeito foi treinado durante doze semanas, numa frequência de duas sessões semanais sendo realizadas 3 séries de 10 repetições a cada sessão. Durante todo o período de treino foi respeitado o intervalo de, no mínimo, dois dias entre cada uma das sessões.	O treinamento aumentou significativamente o Pico de Torque dos membros acometidos. A AST do quadríceps também aumentou em todas as regiões avaliadas dos membros treinados e também foi observado aumento na atividade EMG do quadríceps após as primeiras seis semanas. Entretanto, não houve nenhuma diferença estatisticamente significativa entre os grupos, como resultado do treinamento.
Ediz, et al, 2014	Vinte e nove pacientes, divididos em dois grupos, um de intervenção (15) outro placebo (14).	Eletroestimulador TENS. Ambos os grupos iniciaram o protocolo de exercícios voluntários um dia após a cirurgia. O grupo de intervenção (n = 15) também recebeu 30 sessões do protocolo de tratamento por eletroestimulação iniciado quatro dias após a operação.	Vinte e seis indivíduos, incluindo 13 pacientes do grupo de intervenção, completaram o estudo. Significativamente menos efusão e inchaço foram determinados no grupo de intervenção após sete dias ($1,8 \pm 1,3$ versus $2,4 \pm 1,7$ para efusão e $1,7 \pm 1,2$ versus $3,4 \pm 1,5$ para inchaço) a 12 semanas ($0,2 \pm 0,7$ versus $0,6 \pm 0,8$ para efusão e $0,2 \pm 0,8$ versus $0,8 \pm 0,9$ para edema) no pós-operatório (P < 0,05). Os pacientes tratados com eletroestimulação apresentaram escores de dor significativamente menores de sete dias a 12 semanas após a operação (P < 0,05).

Hart, et all, 2016	Trinta pacientes: 20 homens, 10 mulheres, 31,6 (13,0) anos, 172,8 (10,0) cm, 75,8 (13,0) kg com ruptura diagnosticada do ligamento cruzado anterior.	TENS, crioterapia. Todos os pacientes participaram de quatro sessões de exercícios supervisionados de fortalecimento do quadríceps por duas semanas, antes da cirurgia de reconstrução. Os pacientes foram alocados aleatoriamente ($n = 10 / \text{grupo}$) para receber exercícios sozinhos, exercitando-se enquanto usava um dispositivo sensorial de estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) na articulação do joelho durante a duração de cada sessão diária ou 20 minutos de crioterapia na articulação do joelho imediatamente antes para cada sessão de exercício diário.	Ao considerar as diferenças nas medidas de linha de base, não houve diferenças estatisticamente significantes no grupo imediatamente após a primeira sessão de exercício para força de extensão do joelho ($P = 0,10$) ou taxa de ativação central ($P = 0,30$), nem houve diferenças estatisticamente significantes no grupo após as duas intervenções semanais para força de extensão do joelho ($P = 0,92$) ou taxa de ativação central ($P = 0,94$). Os tamanhos dos efeitos para a mudança na força de extensão do joelho e na taxa de ativação central após duas semanas de terapia foram grandes.	Hasegawa, et all, 2016	Vinte pacientes com ruptura aguda do LCA foram divididos em dois grupos aleatoriamente	EMS. O grupo controle (grupo CON) participou apenas do programa de reabilitação habitual. Além deste protocolo, o grupo de estimulação elétrica muscular (grupo EMS) recebeu treinamento EMS usando a forma de onda de pulso exponencial de 20 Hz a partir do 2º dia pós-operatório até 4 semanas após a cirurgia.	A espessura muscular do vasto lateral e panturrilha aumentou significativamente 4 semanas após a cirurgia no grupo EMS, enquanto diminuiu significativamente no grupo CON. O declínio da força de extensão do joelho foi significativamente menor no grupo EMS do que no grupo CON quatro semanas após a cirurgia, e o grupo EMS mostrou maior recuperação da força de extensão do joelho três meses após a cirurgia.
	Lepley, 2015	Trinta e seis indivíduos pós-lesão foram colocados em quatro grupos de tratamento (N&E, NMES e excêntricos; somente E, excêntricos; somente N, apenas NMES; e STND, padrão de atendimento) e dez controles saudáveis participaram.	TENS (modo burst). N&E e N-only receberam o protocolo NMES $2 \times$ por semana durante as primeiras 6 semanas após a reconstrução. N&E e E-only receberam o protocolo de exercício excêntrico $2 \times$ por semana, iniciando 6 semanas após a reconstrução. A ativação do quadríceps foi avaliada pela técnica de burst sobreposto e quantificada pela razão de ativação central. A força do quadríceps foi avaliada através de contrações isométricas voluntárias máximas (Nm / kg). Os dados foram coletados em três ocasiões: pré-operatório, 12 semanas após a cirurgia e no retorno ao jogo.		Não houve diferenças nas medidas pré-operatórias ($P > 0,05$). Somente o E recuperou a ativação do quadríceps melhor que o N-only ou STND ($P < 0,05$). N&E e E-only recuperaram força melhor que N-only ou STND ($P < 0,05$) e apresentaram valores de força semelhantes aos saudáveis no retorno ao jogo ($P > 0,05$).	Feil, et all, 2017	Noventa e seis pacientes, de um total de 131 pacientes randomizados para 1 de 3 grupos de intervenção, completaram um programa de reabilitação padrão.
Fitzgerald, et all, 2015		Quarenta e três indivíduos submetidos à LCAO foram aleatoriamente designados para um grupo que recebeu (grupo NMES) ou não recebeu (grupo de comparação) o tratamento NMES em conjunto com sua reabilitação	Dinamômetro e NMES. As médias dos grupos para força do quadríceps e as medidas autorreferidas da função do joelho foram comparadas após 12 e 16 semanas de reabilitação. Também foram comparadas as proporções de indivíduos em cada grupo que atingiram critérios clínicos para iniciar deambulação sem muletas, corrida em esteira e treinamento de agilidade em momentos selecionados durante a reabilitação.	O grupo NMES demonstrou força quadríceps moderadamente maior em 12 semanas (tamanho do efeito, 0,48) e níveis moderadamente mais altos de função do joelho autorreferida em 12 (tamanho do efeito, 0,72) e 16 (tamanho do efeito, 0,65) semanas de reabilitação em comparação com o grupo de comparação. Uma proporção maior de indivíduos no grupo NMES alcançou critérios clínicos para avançar para o treinamento de agilidade às 16 semanas.			

Fonte: Elaborada pelos autores, 2019

4. DISCUSSÃO

De acordo com o autor, não houve diferença significativa entre os dois grupos (Grupo I – Exercício Excêntrico Máximo e Grupo II – Exercício Excêntrico Máximo associado à Estimulação Elétrica Neuromuscular – EENM), a justificativa para o uso da EENM, nos programas que incluem reconstruções do LCA, seria que uma alteração no recrutamento de unidades motoras, morfológicamente normais, seria a causa primária da perda de força voluntária observada nos membros acometidos dos indivíduos, o autor sugere, ainda, que, talvez, os níveis relativamente baixos de ativação muscular, por meio da EENM, resultariam do fato de que alguns nervos motores são, excessivamente, profundos para serem recrutados com este recurso⁸.

Em contrapartida ao autor anteriormente citado, este estudo diz que o eletroestimulador apresentou melhora no quadro do paciente, frizando os pontos de mais benefícios: no derrame, edema, dor, déficit de extensão e ainda pode impedir a perda de volume muscular maior que o exercício sozinho, porém, vale ressaltar que não foi usado a mesma terapia nos dois, contudo, não discorda de que em alguns estudos citados no seu trabalho a eletroestimulação não apresentou benefícios significativos atuando sozinha⁹.

De acordo com a análise deste estudo observa-se que a força do quadríceps e a ativação central em pacientes com deficiência do ligamento cruzado anterior melhoraram após duas semanas de exercícios de reabilitação, no entanto, não houve diferenças significativas entre os grupos de tratamento. Voltando à ideia de que a eletroestimulação sozinha não apresenta um satisfatório resultado¹⁰.

Foi observado no seu estudo que o exercício excêntrico foi capaz de restaurar os níveis de ativação e força do quadríceps semelhantes aos de adultos saudáveis e melhores do que apenas o NMES, mas que a atuação de ambos é bastante eficaz no tratamento dos pacientes estudados¹¹.

Nessa pesquisa comprovou-se que a estimulação elétrica implementada durante o estágio inicial da reabilitação é eficaz na manutenção e no aumento da espessura e força muscular no membro operado, apresentando somente por teoria déficit nos resultados caso não seja iniciada a terapia imediata após a cirurgia¹².

Um resultado satisfatório do uso da eletroestimulação em pacientes no pós-operatório de cirurgia de rompimento do LCA, comprovou cientificamente com base em estatística dados numéricos satisfatórios, deixando claro então no seu estudo a relevância e importância da eletroestimulação na recuperação destes pacientes com este tipo de pós-operatório, para obter uma melhor e mais rápida recuperação¹³.

Neste estudo o protocolo de treinamento modificado do quadríceps do NMES pode ser um complemento útil aos programas de reabilitação do LCA, mas o efeito do

tratamento é menor em atuação sozinha, obtendo bom resultado associado a outra terapia, em 16 semanas em terapia associada foi possível obter um bom resultado nos pacientes estudados¹⁴.

5. CONCLUSÃO

Desta forma, nossos dados sugerem que a EENM deverá estar indicada apenas como coadjuvante dos exercícios voluntários e somente naqueles sujeitos nos quais possíveis mecanismos inibitórios ainda estejam presentes. Normalmente isto ocorre apenas nas etapas iniciais da reabilitação. E ainda deixa claro que ela deve está associada a terapia desde a fase inicial para, assim, obter-se uma melhor e mais rápida recuperação, em nenhum momento descarta-se a eficácia dela, porém, na maioria dos estudos, evidencia-se um melhor rendimento em associação a outras terapias. Entretanto, faz-se necessário mais estudos a cerca deste assunto para um melhor e mais decisivo resultado, pois, infelizmente, são ínfimas as pesquisas no tocante à temática.

REFERÊNCIAS

- [1] Netter FH. Atlas de anatomia Netter, FH. Atlas de anatomia humana. 2ed. Porto Alegre. Artmed 2002.
- [2] Thiele E, *et al.* Accelerated protocol of rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon. Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgias, 2015; 36(6):504-508.
- [3] Pizzato LM, *et al.* Análise da frequência mediana do sinal eletromiográfico de indivíduos com lesão do ligamento cruzado anterior em exercícios isométricos de cadeia cinética aberta e fechada. Rev bras med esporte, 2017; 13(1):1-5.
- [4] Gali, JC. Reconstrução anatômica do ligamento cruzado anterior: uma abordagem lógica. Revista Brasileira de Ortopedia, 2015; 50(4):469-471.
- [5] Cavalcante MLC, *et al.* Índice de fadiga do músculo quadríceps femoral em atletas de futebol após reconstrução do ligamento cruzado anterior. Revista Brasileira de Ortopedia, 2016; 51(5):535-540.
- [6] Castro MCF, JR AC. Estimulação Elétrica Neuromuscular e Estimulação Eletrot-ctil na Restauração Artificial da Preensão e da Propriocepção em Tetraplégicos. ACTA ORTOP BRAS, 2015; 9(3).
- [7] Gomide LB. Efeitos da estimulação elétrica neuromuscular durante a imobilização nas propriedades mecânicas do músculo esquelético. Rev Bras Med Esporte, 2014; 13(1).
- [8] Brasileiro JS, Ávlia MA, Pinto O, & Savini T. Efeitos da estimulação elétrica sobre o torque, o trofismo e a EMG do quadríceps após reconstrução do LCA, 2015.
- [9] Ediz L, Ceylan MF, Turktas U, Yanmis I & Hiz O. A randomized controlled trial of electrostimulation effects on effusion, swelling and pain recovery after anterior cruciate ligament reconstruction: a pilot study. Clinical rehabilitation, 2014; 26(5):413-422.
- [10] Hart JM, Kuenze CM, Pietrosimone BG, & Ingersoll CD. Quadriceps function in anterior cruciate ligament-deficient knees exercising with transcutaneous electrical

nerve stimulation and cryotherapy: a randomized controlled study. *Clinical rehabilitation*, 2016; 26(11):974-981.

- [11] Lepley LK, Wojtys EM, & Palmieri-Smith RM. Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps function post-ACL reconstruction. *The Knee*, 2015; 22(3):270-277.
- [12] Hasegawa S, Kobayashi M, Arai R., Tamaki A, Nakamura T, & Moritani T. Effect of early implementation of electrical muscle stimulation to prevent muscle atrophy and weakness in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2016; 21(4):622-630.
- [13] Feil S, Newell J, Minogue C, & Paessler HH. The effectiveness of supplementing a standard rehabilitation program with superimposed neuromuscular electrical stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, single-blind study. *The American journal of sports medicine*, 39(6):1238-1247.
- [14] Fitzgerald GK, Piva SR, & Irrgang JJ. A modified neuromuscular electrical stimulation protocol for quadriceps strength training following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 2015; 33(9):492-501.