

Impacto da estimulação elétrica neuromuscular na capacidade funcional de pacientes com doença renal crônica submetidos à hemodiálise

Impact of neuromuscular electrical stimulation on functional capacity of patients with chronic kidney disease on hemodialysis

Autores

Renata Spósito Roxo ¹

Vivian Berton Xavier ²

Luiz Antônio Miorin ³

Andrea Olivares
Magalhães ³

Yvoty Alves dos Santos
Sens ²

Vera Lúcia dos Santos
Alves ^{2,3}

¹ Faculdades Metropolitanas
Unidas - São Paulo.

² Faculdade de Ciências
Médicas da Santa Casa de
São Paulo.

³ Santa Casa de São Paulo.

Data de submissão: 09/01/2016.
Data de aprovação: 11/04/2016.

Correspondência para:

Vera Lúcia dos Santos Alves.
Santa Casa de São Paulo.
Av. Dr. Arnaldo, nº 2088,
Sumaré, SP, Brasil.
CEP: 01255-000
E-mail: fisioterapiasc@uol.
com.br
CAPES.

DOI: 10.5935/0101-2800.20160052

RESUMO

Introdução: Pacientes submetidos à hemodiálise apresentam baixo condicionamento físico além de serem acometidos por disfunções respiratórias. Objetivamos avaliar os efeitos da estimulação elétrica neuromuscular na função pulmonar e capacidade funcional de pacientes com doença renal crônica em hemodiálise. **Método:** 40 adultos com doença renal crônica em hemodiálise foram estudados prospectivamente e randomizados em dois grupos (controle n = 20 e tratamento n = 20). O grupo tratamento realizou protocolo com estimulação elétrica neuromuscular em quadríceps femoral por 30 minutos durante a hemodiálise, três vezes por semana, durante dois meses. Todos pacientes realizaram espirometria, pressões respiratórias máximas, teste de uma repetição máxima e teste da caminhada dos seis minutos (TC6), antes e após o período de acompanhamento. **Resultados:** O grupo tratamento apresentou aumento da pressão inspiratória máxima com $p = 0,02$ na comparação entre grupos e $p < 0,001$ para a pressão máxima expiratória. O teste de uma repetição máxima e a distância percorrida no TC6 apresentaram-se maiores após o protocolo no grupo de tratamento com $p < 0,001$ e $0,03$ respectivamente. Houve diminuição da pressão arterial sistólica ($p < 0,001$) e frequência respiratória ($p < 0,001$) após a estimulação elétrica quando comparado ao grupo controle. **Conclusão:** A estimulação elétrica neuromuscular teve impacto positivo sobre a função pulmonar e a capacidade funcional levando ao melhor desempenho físico em pacientes em hemodiálise.

Palavras-chave: diálise renal; doença renal crônica; modalidades de fisioterapia; terapia por exercício.

ABSTRACT

Introduction: Literature shows that patients undergoing hemodialysis present poor physical conditioning and low tolerance to exercise. They may also suffer from respiratory dysfunctions. The purpose of this study was to evaluate the effects of neuromuscular electrical stimulation on pulmonary function and functional capacity of patients with chronic kidney disease on hemodialysis. **Methods:** Forty adult patients with chronic kidney disease on hemodialysis were prospectively studied and randomized into two groups (control n = 20 and treatment n = 20). The treatment group underwent bilateral femoral quadriceps muscles electrical stimulation for 30 minutes during hemodialysis, three times per week, for two months. The patients were evaluated by pulmonary function test, maximum respiratory pressures, maximum one-repetition test, and six-minute walk test (6MWT), before and after the treatment protocol. **Results:** The treatment group presented increased maximum inspiratory (MIP) ($p = 0.02$) and expiratory pressures (MEP) ($p < 0.0001$), muscular strength in maximum one-repetition test ($p < 0.001$), and distance covered in the 6MWT ($p = 0.03$), and decreased systolic blood pressure ($p < 0.001$) and respiratory frequency ($p < 0.001$) when compared with the control group. **Conclusion:** Electrical neuromuscular stimulation had a positive impact on pulmonary function and functional capacity, leading to better physical performance in patients on hemodialysis.

Keywords: exercise therapy; kidney failure, chronic; physical therapy modalities; renal dialysis.

INTRODUÇÃO

Pacientes com doença renal crônica (DRC) em hemodiálise apresentam vários sinais e sintomas característicos de síndrome urêmica, que afeta praticamente todos os sistemas de órgãos, incluindo o pulmonar, cardiovascular e músculo-esquelético.¹ Estudos indicam que pacientes em hemodiálise (HD) sofrem de descondicionamento e baixa tolerância para atividades físicas. Tais sintomas, embora não totalmente compreendidos, parecem estar relacionados a atrofia muscular, miopatias e desnutrição.^{2,3}

A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) é utilizada em pacientes que sofrem de doença pulmonar obstrutiva crônica e insuficiência cardíaca. Os resultados são promissores, mostrando melhora na capacidade funcional destes pacientes.⁴⁻⁶ A EENM pode ser benéfica para pacientes que sofrem de doença renal crônica em hemodiálise, uma vez que tais indivíduos apresentam sintomas semelhantes aos observados em outras doenças crônicas que afetam diretamente a capacidade funcional. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da EENM sobre a função pulmonar e a capacidade funcional de pacientes com doença renal crônica em hemodiálise.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo clínico randomizado original realizado com pacientes com DRC em hemodiálise foi realizado na unidade de diálise do hospital público e universitário. O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição (protocolo número 146/09) e os pacientes assinaram termo de consentimento para participar.

O tamanho da amostra (teorema de Cochran) neste estudo foi calculado em 40 indivíduos por amostragem aleatória simples, utilizando um intervalo de confiança de 95% e 5% de erro para amostra infinita. Todos os pacientes foram recrutados no Serviço de Diálise.

Critérios de inclusão: pacientes com 18 anos ou mais, hemodinamicamente estáveis e em hemodiálise há mais de seis meses. Critérios de exclusão: pacientes submetidos a cirurgia eletiva ou de urgência durante o estudo; indivíduos que apresentaram doença cardíaca ou pulmonar aguda, erupções cutâneas, implantes metálicos, tumores, infecções, *diabetes mellitus* ou

hipoestesia na região em que a estimulação elétrica neuromuscular seria aplicada; indivíduos que praticavam atividades físicas três vezes por semana ou mais; e indivíduos que apresentavam alterações físicas ou cognitivas que impossibilitassem a realização ou coleta de resultados dos testes propostos.

No momento da internação e aceite do convite para participar do estudo, os pacientes foram randomizados em dois grupos, controle ou tratamento, por meio de envelopes opacos selados. Os pacientes dos dois grupos foram avaliados antes e depois de dois meses.

A avaliação e a reavaliação foram realizadas antes da sessão de hemodiálise. Foi tomado o cuidado de não se avaliar o mesmo paciente duas vezes em 48 horas, ou seja, entre as sessões de hemodiálise. Os seguintes testes foram realizados: teste de função pulmonar capacidade vital forçada (CVF); volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁); VEF₁/CVF; fluxo expiratório forçado 25-75% (FEF_{25-75%}); pico de fluxo expiratório (PFE); pressões respiratórias máximas [pressão inspiratória máxima (PI_{max}), pressão expiratória máxima (PE_{max})]; pico de fluxo; teste de uma repetição máxima (1RM); e teste da caminhada dos 6 minutos (TC6).⁷⁻¹²

Os testes de função pulmonar foram realizados com um espirômetro Koko (PDS Instrumentation), com os pacientes em posição sentada e utilizando clipe nasal. O cálculo dos valores previstos foi realizado em função de idade, sexo e estatura, segundo a equação publicada por Pereira *et al.*⁷

As pressões respiratórias máximas (PI_{max} e PE_{max}) e o pico de fluxo foram mensurados conforme as recomendações do *Statement on Respiratory Muscle Testing*.⁸ Foram tomadas três medidas para cada variável testada e a maior medida foi analisada.

O teste de 1RM foi realizado em posição sentada sem apoio. Primeiramente foi realizado o movimento sem carga, começando com os joelhos fletidos a 90 graus passando para extensão completa. Em seguida, usando uma tornozleira pesando meio quilo, os participantes foram solicitados a realizar o mesmo movimento. O exercício era então repetido com incrementos de meio quilo até que houvesse movimento compensatório durante sua execução. O teste era interrompido assim que algum ajuste fosse observado, e a medida levada em conta era o peso da tornozleira no último movimento completado antes da compensação.¹⁰

O TC6 é uma caminhada livre de seis minutos, executada da forma mais rápida possível em uma superfície plana de 30 metros de comprimento com marcações a cada metro. Passados os seis minutos, a distância total percorrida é registrada.¹¹ Além da distância andada, é anotada a avaliação feita por meio da escala de Borg.

Os parâmetros laboratoriais foram levantados a partir de amostras de sangue periférico nos dias de avaliação e reavaliação, e incluíram análise de albumina sérica, creatinina, hemoglobina e ureia. A taxa de depuração de ureia (Kt/V) na avaliação e reavaliação foi calculada a partir de dados dos prontuários.

Os pacientes randomizados para o grupo de tratamento foram submetidos a EENM (Neurodyn II, Ibramed, Amparo, Brasil) no quadríceps bilateralmente durante hemodiálise em 24 sessões (oito semanas). O protocolo foi realizado três vezes por semana com duração de 30 minutos. Os parâmetros utilizados foram baseados na revisão sistemática de Sillen *et al.*,⁶ com pulsos de 350 microssegundos, frequência de 50 Hz por dois segundos se suportável, e repouso por dez segundos. A intensidade da corrente elétrica foi determinada pela tolerância de cada paciente.

O *Statistical Package for the Social Sciences* (versão 13.0) foi utilizado na análise dos dados. As diferenças entre grupos foram avaliadas com o teste *t* de *Student* não pareado ou o teste de Mann-Whitney, quando adequado. O teste *t* de *Student* foi utilizado para comparar as variações intra-pacientes. As proporções das variáveis qualitativas foram comparadas pelo teste do qui-quadrado. Valores de *p* inferiores a 5% (*p* < 0,05) foram considerados estatisticamente significativos.

RESULTADOS

Foram recrutados 87 pacientes, dos quais 45 foram excluídos: 31 em função dos critérios de exclusão, dois por recusa de assinar o formulário de consentimento informado e 12 por outros motivos. Dos 42 pacientes restantes randomizados em dois grupos, dois indivíduos abandonaram o estudo, um em cada grupo: o paciente do grupo de controle não realizou todos os exames necessários ao estudo, e o indivíduo do grupo de tratamento teve que se submeter a uma cirurgia abdominal para corrigir uma hérnia. Portanto, o estudo foi concluído com 20

pacientes não submetidos a EENM (grupo controle) e outros 20 submetidos ao protocolo de EENM (grupo de tratamento).

As características basais dos pacientes (*n* = 40) não foram significativamente diferentes entre os grupos em relação a idade, estatura e tempo de hemodiálise (Tabela 1).

Indivíduos do sexo masculino representavam 52,9% dos pacientes incluídos no grupo de controle e 47,1% dos participantes do grupo de tratamento. A comparação entre os grupos não apresentou evidências de diferença estatística (*p* > 0,50).

A etiologia da DRC no grupo de controle foi glomerulonefrite crônica em onze casos, nefrosclerose hipertensiva em sete e doença renal cística em dois. No grupo de tratamento houve glomerulonefrite crônica em 12 pacientes, nefrosclerose hipertensiva em sete e etiologia desconhecida em um paciente.

Em relação aos exames laboratoriais, albumina sérica, ureia e Kt/V não exibiram diferença estatisticamente significativa entre os grupos, quer no momento da avaliação inicial ou na reavaliação. No momento da reavaliação, a creatinina sérica apresentou níveis médios mais elevados no grupo de tratamento. Os valores de hemoglobina, por outro lado, eram estatisticamente diferentes em ambas as avaliações e mais elevados no grupo de controle (Tabela 2).

Não houve diferença estatisticamente significativa na comparação da prova de função pulmonar (PFP) entre os grupos. A média do VEF₁ no grupo de controle na avaliação foi 1,95 (DP 0.52) e 1,82 (DP 0.47) na reavaliação, de forma que a comparação entre os valores demonstrou a mesma significância para VEF₁ (*p* = 0,00), com médias mais altas no grupo de tratamento.

O resultado dos grupos na medição das pressões respiratórias máximas e pico de fluxo expiratório mostrou uma diferença significativa para PImax (*p* = 0,02) e PEmax (*p* < 0,001), com níveis médios mais elevados para ambos no grupo de tratamento. Quanto ao teste de 1RM, a comparação dos resultados entre os grupos mostrou uma diferença significativa, com níveis médios mais elevados para o grupo de tratamento (Tabela 3).

A análise dos resultados dos grupos para o TC6 revelou valores mais baixos de PAS (*p* < 0,001) e f (*p* < 0,001) e valores mais elevados de distância percorrida (*p* = 0,03) no grupo de tratamento (Tabela 4).

TABELA 1 COMPARAÇÃO DO PERFIL INICIAL ENTRE 20 PACIENTES NO GRUPO I (CONTROLE) E 20 PACIENTES NO GRUPO II (TRATAMENTO)

Variáveis	Grupos	Média (DP)	Mínimo	Máximo	p
Idade (anos)	I	54,65 (19,93)	19,00	83,00	0,15
	II	46,40 (15,43)	26,00	69,00	
Estatura (m)	I	1,62 (0,70)	1,53	1,75	0,55
	II	1,61 (0,11)	1,49	1,88	
Tempo de HD (meses)	I	46,15 (41,40)	9,00	132,00	0,11
	II	68,80 (46,90)	9,00	180,00	

HD: hemodiálise, p: estatisticamente significativo. Fonte: Centro de Diálise.

TABELA 2 COMPARAÇÃO ENTRE GRUPO I (CONTROLE) E GRUPO II (TRATAMENTO) DOS RESULTADOS LABORATORIAIS E PESO NOS MOMENTOS DE AVALIAÇÃO E REAVALIAÇÃO

Variáveis	Grupos	Avaliação		Reavaliação	
		Média (DP)	p	Média (DP)	p
Kt/V	I	1,38 (0,21)	0,56	1,48 (0,16)	0,15
	II	1,40 (0,17)		1,40 (0,15)	
Creatinine (mg/L)	I	9,95 (1,79)	0,08	9,95 (1,97)	0,01*
	II	11,28 (2,88)		12,24 (3,35)	
Albumina (g/dL)	I	3,58 (0,40)	0,65	3,67 (0,41)	0,36
	II	3,53 (0,37)		3,78 (0,30)	
Hg (g/dL)	I	11,86 (1,59)	0,01*	11,60 (1,47)	0,01*
	II	10,53 (1,62)		10,49 (1,17)	
Ureia (mg/dL)	I	137,80(27,28)	0,16	132,78(29,56)	0,18
	II	151,18(31,57)		146,66(35,80)	
Peso (kg)	I	60,83 (10,48)	0,76	61,88 (9,58)	0,22
	II	59,75 (12,33)		60,40 (12,24)	

Kt/V: depuração de ureia; Hg: hemoglobina; * estatisticamente significativo. Fonte: Centro de Diálise.

TABELA 3 COMPARAÇÃO DE PRESSÕES MÁXIMAS, P_{EMAX}, PICO DE FLUXO E TESTE DE UMA REPETIÇÃO MÁXIMA (1RM) ENTRE MOMENTOS DE AVALIAÇÃO E REAVALIAÇÃO PARA O GRUPO I (CONTROLE) E GRUPO II (TRATAMENTO)

Variáveis	Fases	Grupo I (controle)		Grupo II (tratamento)	
		Média (DP)	p	Média (DP)	p
P _I max (cmH ₂ O)	Avaliação	57,00 (19,84)	0,41	49,80 (12,94)	0,01*
	Reavaliação	53,80 (21,26)		58,90 (18,39)	
P _E max (cmH ₂ O)	Avaliação	64,20 (17,24)	0,11	68,80 (17,87)	< 0,001*
	Reavaliação	69,80 (23,52)		83,00 (12,57)	
Pico de fluxo (L/min)	Avaliação	304,00 (84,25)	0,15	299,00 (69,50)	0,72
	Reavaliação	293,00 (70,79)		296,00 (82,10)	
1RM (kg)	Avaliação	2,00 (0,74)	< 0,001*	1,65 (0,84)	< 0,001*
	Reavaliação	1,70 (0,76)		3,03 (1,25)	

P_Imax: pressão inspiratória máxima; P_Emax: pressão expiratória máxima; * estatisticamente significativo. Fonte: Centro de Diálise.

DISCUSSÃO

O tratamento dialítico tem o objetivo de aumentar a sobrevida do paciente, mas também deve levar em conta a reabilitação dos indivíduos¹³ que buscam o retorno às atividades da vida diária. Nosso estudo demonstrou o impacto positivo de um protocolo

de EENM realizado durante HD, revelando que a EENM pode beneficiar pacientes que sofrem de DRC.

Não havia diferença entre os grupos no início do estudo quanto ao tempo em hemodiálise. Ambos estavam em média há mais de três anos em tratamento dialítico. Herrero *et al.*² relataram alterações de função

TABELA 4 DIFERENÇAS NO TESTE DA CAMINHADA DOS SEIS MINUTOS (TC6) ENTRE AS FASES (AVALIAÇÃO E REAVALIAÇÃO) DO GRUPO I (CONTROLE) E GRUPO II (TRATAMENTO)

Variáveis	Fases	Grupo I (controle)		Grupo II (tratamento)	
		Média (DP)	p	Média (DP)	p
PAS (mmHg)	Avaliação	5,50 (8,25)	0,02*	8,20 (10,33)	0,15
	Reavaliação	12,00 (9,51)		4,30 (7,52)	
PAD (mmHg)	Avaliação	3,00 (7,32)	0,17	1,80 (8,55)	0,19
	Reavaliação	5,50 (7,59)		4,10 (7,77)	
FC (bpm)	Avaliação	27,40 (9,66)	0,05	14,20 (12,89)	0,73
	Reavaliação	34,30 (8,48)		15,30 (10,81)	
f (ipm)	Avaliação	7,40 (3,69)	0,05	6,90 (4,38)	0,05
	Reavaliação	9,30 (4,21)		3,85 (5,47)	
SpO ₂ (%)	Avaliação	-0,70 (0,97)	0,09	-0,50 (1,10)	0,02*
	Reavaliação	-0,35 (0,93)		0,70 (1,68)	
Borg	Avaliação	3,50 (2,89)	0,06	3,75 (2,63)	0,46
	Reavaliação	4,90 (2,40)		4,35 (2,81)	
Distância (m)	Avaliação	330,00 (68,77)	0,71	350,40 (97,53)	0,02*
	Reavaliação	327,20 (53,93)		373,20 (112,94)	

PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; FC: frequência cardíaca; f: frequência respiratória; SpO₂: saturação de oxigênio; Borg: escala de percepção de esforço; * estatisticamente significativo. Fonte: Centro de Diálise.

pulmonar em pacientes submetidos a HD por longos períodos. No teste de função pulmonar, o grupo de tratamento submetido ao protocolo EENM teve melhor desempenho em comparação ao grupo controle para VEF₁. Acreditamos que a melhora da força muscular respiratória indiretamente causada pela EENM tenha feito surtir efeitos positivos sobre o VEF₁, apesar do maior ganho de peso e dos valores mais baixos de hemoglobina observados no grupo de tratamento.

Respostas positivas em VEF₁ são importantes, uma vez que a literatura indica que pacientes com DRC em hemodiálise têm valores mais baixos deste parâmetro em função da retenção de toxinas urêmicas, hipervolemia e fibrose pulmonar.^{2,14,15}

A melhoria na Flmax e FEmax provavelmente se deve ao ganho de força muscular após o protocolo de EENM. A literatura sugere que os pacientes com DRC em HD regular sofrem redução da força muscular pulmonar.¹⁶ A principal causa para esta perda de força muscular respiratória é desconhecida, mas alguns autores consideram que a patogênese desta condição seja semelhante àquela que afeta a musculatura periférica, cujo mecanismo causador é a miopatia urêmica.¹⁷

A razão subjacente à melhora indireta causada pela EENM não é clara, e, atualmente, não há estudos que mostram quais mecanismos levam o paciente a fortalecer seus músculos respiratórios após o treinamento com estimulação elétrica neuromuscular.

A distância percorrida no TC6 é utilizada como indicador de capacidade funcional¹¹ para verificar o desempenho físico dos pacientes.³ A EENM influenciou positivamente a distância percorrida. Os indivíduos do grupo de tratamento aumentaram a distância média percorrida, enquanto que os participantes do grupo de controle apresentaram reduções em sua média. A resposta do grupo de controle pode se dever à baixa aptidão física desses pacientes, provavelmente causada por doenças cardiovasculares, respiratórias e musculares que podem influenciar a capacidade de capturar, transportar e utilizar o oxigênio.¹⁸

Quanto ao grupo de tratamento, podemos inferir que o aumento da força muscular alcançado no quadríceps femoral com EENM permitiu uma melhor resposta ao TC6, demonstrado pelo aumento na distância percorrida.

Headley *et al.*¹⁹ demonstraram melhora de desempenho físico no TC6 em pacientes dialíticos após um programa de treinamento de resistência de 12 semanas. Em nosso estudo, os pacientes obtiveram resultados positivos em oito semanas. Estudos de Parsons *et al.*¹, Simó *et al.*⁵ e Xavier *et al.*²⁰ corroboram nossos resultados em relação à distância percorrida, por também relatarem aumento dessa variável após protocolo de exercício físico em pacientes com DRC em HD.

As oito semanas de treinamento intervalado proposto em nosso protocolo é considerado o tempo mínimo para um programa de reabilitação. A hipótese de resposta diferente a maior tempo de treinamento não foi contemplada como objetivo deste estudo, e tampouco se os efeitos agudos encontrados neste trabalho permaneceriam em nossa população após um período de tempo.

No presente estudo, o teste de 1RM mostrou resultados significativos: enquanto o grupo de controle apresentou piora da força muscular, o grupo tratado com EENM teve uma melhora significativa. O comportamento do grupo de controle pode ser explicado pelo fato de que é comum pacientes com DRC em hemodiálise exibirem perda da força muscular, em função do comprometimento do sistema muscular possivelmente resultante de miopatia urêmica.^{1,18}

Em seu estudo, Adams e Vaziri²¹ relatam que a atrofia muscular em pacientes submetidos a HD é devida a alterações na degradação da síntese proteica, que levam a atrofia muscular. A resposta do grupo de tratamento pode se dever ao efeito da estimulação elétrica sobre a capilarização, proporcionando um aumento na densidade capilar, da perfusão e do fornecimento de oxigênio. Esses fatores contribuem para o aumento da capacidade oxidativa aeróbica e da resistência à fadiga muscular.⁶

De acordo com Sillen *et al.*⁶ e Miyamoto *et al.*,²² a estimulação elétrica ativa todas as fibras musculares, e as fibras do tipo II são as primeiras a serem recrutadas, melhorando o torque muscular e a resistência à fadiga precoce. Acreditamos que este mecanismo tenha ocorrido no grupo de tratamento do estudo, incluindo o aumento do peso corporal: atribuímos o ganho de peso visto no grupo de tratamento a um aumento da massa magra.

Outro aspecto que indica melhorias indiretas da força muscular foi o aumento da creatinina sérica no grupo de tratamento após o protocolo de EENM. A creatinina sérica é um parâmetro nutricional de pacientes em hemodiálise.^{23,24} Acreditamos que a elevação na massa muscular com a EENM foi indiretamente observada pela elevação da creatinina, sugerindo a hipótese de melhoria do desempenho físico pelo aumento das fibras musculares com a EENM.

A principal limitação do presente estudo refere-se à ausência de medida direta da massa muscular e

da ingestão de proteínas. Estas observações podem estar relacionados às mudanças que observamos na creatinina, abrindo a possibilidade para que um novo estudo investigue esta hipótese.

Várias pesquisas têm sido desenvolvidas para esclarecer o papel que a EENM tem em pacientes com doença pulmonar ou periférica.^{4-6,12,25} Vovidtzev *et al.*²⁵ estudaram 22 pacientes com DPOC grave submetidos a um protocolo de EENM e observaram uma associação entre equilíbrio catabólico após a realização da EENM e melhora da capacidade funcional, com aumento dos níveis de p70S6K fosforilada e redução da atrogina-1, além de melhoria na distância da caminhada e força do quadríceps.

Em estudo recente, Sillen *et al.*²⁶ compararam, na DPOC, a eficiência de protocolos de EENM de alta (75 Hz) e baixa frequência (15 Hz), relatando que ambos podem beneficiar pacientes com disfunção respiratória. Nosso estudo utilizou uma frequência de 50 Hz, encontrando maior resistência e distância percorrida no grupo que foi tratado.

O tratamento com EENM é alternativa para pacientes com grande comprometimento funcional por assemelhar-se ao exercício ativo. Não foram observados eventos adversos durante ou após as sessões. Creditamos esse fato à escolha de uma frequência baixa durante a EENM. Foi utilizado um equipamento portátil, com eletrodos colocados em contato com a pele para produzir apenas contrações musculares controladas.²⁶

O presente estudo foi controlado para avaliar os efeitos do método de EENM sobre pacientes com DRC em hemodiálise. Concluímos que o protocolo de EENM otimiza a condição física desses pacientes, com impacto positivo sobre função pulmonar e capacidade funcional, resultando em melhor desempenho físico em pacientes com DRC em hemodiálise.

REFERÊNCIAS

1. Parsons TL, Toffelmire EB, King-VanVlack CE. Exercise training during hemodialysis improves dialysis efficacy and physical performance. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87:680-7. PMID: 16635631 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2005.12.044>
2. Herrero JA, Alvarez-Sala JL, Coronel F, Moratilla C, Gámez C, Sánchez-Alarcos JM, et al. Pulmonary diffusing capacity in chronic dialysis patients. *Respir Med* 2002;96:487-92. PMID: 12194631 DOI: <http://dx.doi.org/10.1053/rmed.2002.1346>
3. Viana J, Kosmadakis GC, Watson EL, Bevington A, Feehally J, Bishop NC, et al. Evidence for anti-inflammatory effects of exercise in CKD. *J Am Soc Nephrol* 2014;25:2121-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.1681/ASN.2013070702>

4. Sillen MJ, Janssen PP, Akkermans MA, Wouters EF, Spruit MA. The metabolic response during resistance training and neuromuscular electrical stimulation (NMES) in patients with COPD, a pilot study. *Respir Med* 2008;102:786-9. PMID: 18294832 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmed.2008.01.013>
5. Simó VE, Jimenez AJ, Oliveira JC, Nicolás MF, Potau MP, Solé AS, et al. Efficacy of neuromuscular electrostimulation intervention to improve physical function in haemodialysis patients. *Int Urol Nephrol* 2015;47:1709-17. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11255-015-1072-3>
6. Sillen MJ, Speksnijder CM, Eterman RM, Janssen PP, Wagers SS, Wouters EF, et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation of muscles of ambulation in patients with chronic heart failure or COPD: a systematic review of the English-language literature. *Chest* 2009;136:44-61. PMID: 19363213 DOI: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.08-2481>
7. Pereira CAC, Barreto SP, Simões JG, Pereira FWL, Gerstler JG, Nakatani J. Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira. *J Pneumol* 1992;18:10-22.
8. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:518-624. PMID: 12186831
9. dos Santos Alves VL, Stibulov R, Avanzi O. Impact of a physical rehabilitation program on the respiratory function of adolescents with idiopathic scoliosis. *Chest* 2006;130:500-5. PMID: 16899851 DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0012-3692\(15\)51867-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0012-3692(15)51867-9)
10. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooley C, Feigenbaum MS, et al.; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:364-80. PMID: 11828249 DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200202000-00027>
11. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:111-7. PMID: 12091180
12. Zanotti E, Felicetti G, Maini M, Fracchia C. Peripheral muscle strength training in bed-bound patients with COPD receiving mechanical ventilation: effect of electrical stimulation. *Chest* 2003;124:292-6. PMID: 12853536 DOI: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.124.1.292>
13. Heiwe S, Jacobson SH. Exercise training in adults with CKD: a systematic review and meta-analysis. *Am J Kidney Dis* 2014;64:383-93. PMID: 24913219 DOI: <http://dx.doi.org/10.1053/j.ajkd.2014.03.020>
14. Bush A, Gabriel R. Pulmonary function in chronic renal failure: effects of dialysis and transplantation. *Thorax* 1991;46:424-8. PMID: 1858080 DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/thx.46.6.424>
15. Pierson DJ. Respiratory considerations in the patient with renal failure. *Respir Care* 2006;51:413-22. PMID: 16563195
16. Weiner P, Zidan F, Zonder HB. Hemodialysis treatment may improve inspiratory muscle strength and endurance. *Isr J Med Sci* 1997;33:134-8. PMID: 9254876
17. Campistol JM. Uremic myopathy. *Kidney Int* 2002;62:1901-13. PMID: 12371997 DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1755.2002.00614.x>
18. Anding K, Bär T, Trojniak-Henning J, Kuchinke S, Krause R, Rost JM, et al. A structured exercise programme during haemodialysis for patients with chronic kidney disease: clinical benefit and long-term adherence. *BMJ Open* 2015;5:e008709. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2015-008709>
19. Headley S, Germain M, Mailloux P, Mulhern J, Ashworth B, Burris J, et al. Resistance training improves strength and functional measures in patients with end-stage renal disease. *Am J Kidney Dis* 2002;40:355-64. PMID: 12148109 DOI: <http://dx.doi.org/10.1053/ajkd.2002.34520>
20. Xavier VB, Roxo RS, Miorin LA, Dos Santos Alves VL, Dos Santos Sens YA. Impact of continuous positive airway pressure (CPAP) on the respiratory capacity of chronic kidney disease patients under hemodialysis treatment. *Int Urol Nephrol* 2015;47:1011-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11255-015-0988-y>
21. Adams GR, Vaziri ND. Skeletal muscle dysfunction in chronic renal failure: effects of exercise. *Am J Physiol Renal Physiol* 2006;290:F753-61. PMID: 16527920
22. Miyamoto N, Fukutani A, Yanai T, Kawakami Y. Twitch potentiation after voluntary contraction and neuromuscular electrical stimulation at various frequencies in human quadriceps femoris. *Muscle Nerve* 2012;45:110-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mus.22259>
23. National Kidney Foundation. K/DOQI Clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification and stratification. *Am J Kidney Dis* 2002;39:S1-S266.
24. Hsu CY, McCulloch CE, Iribarren C, Darbinian J, Go AS. Body mass index and risk for end-stage renal disease. *Ann Intern Med* 2006;144:21-8. PMID: 16389251 DOI: <http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-144-1-200601030-00006>
25. Vovditzev I, Debigaré R, Gagnon P, Mainguy V, Saey D, Dubé A, et al. Functional and muscular effects of neuromuscular electrical stimulation in patients with severe COPD: a randomized clinical trial. *Chest* 2012;141:716-25. PMID: 22116795 DOI: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.11-0839>
26. Sillen MJ, Franssen FM, Delbressine JM, Vaes AW, Wouters EF, Spruit MA. Efficacy of lower-limb muscle training modalities in severely dyspnoeic individuals with COPD and quadriceps muscle weakness: results from the DICES trial. *Thorax* 2014;69:525-31. PMID: 24399630 DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/thoraxjnl-2013-204388>