



Ministério da Educação – Brasil
 Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
 Minas Gerais – Brasil
 Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
 ISSN: 2238-6424 / QUALIS – CAPES B1 / LATINDEX
 Nº. 25 – Ano XII – 05/2024
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

EFEITOS CARDIOVASCULARES AGUDOS DO EXERCÍCIO AERÓBIO E TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO DURANTE HEMODIÁLISE

*Cardiovascular acute effects of aerobic exercise and inspiratory muscle training
 during hemodialysis*

Jéssica Stéfany Rocha
 Discente do Curso de Fisioterapia da Universidade Federal dos Vales do
 Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3483688950088523>.
 E-mail: stefany.rocha@ufvjm.edu.br

Inara Caroline Marcelino Martins
 Mestranda em Reabilitação e Desempenho Funcional da Universidade Federal dos
 Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/3040068219214839>.
 E-mail: martins.inara@ufvjm.edu.br

Tatiane dos Santos Silva
 Discente do Curso de Fisioterapia da Universidade Federal dos Vales do
 Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8143318833640837>.
 E-mail: tatianesilvafisio@outlook.com

Pedro Henrique Rodrigues Avelino
 Discente do Curso de Fisioterapia da Universidade Federal dos Vales do
 Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) - Brasil

<http://lattes.cnpq.br/2458471422931086>.

E-mail: pedro.avelino@ufvjm.edu.br

Isabela Cristina Cruz

Mestranda em Reabilitação e Desempenho Funcional da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil.

Fisioterapeuta do Hospital Nossa Senhora da Saúde – Diamantina-MG

<http://lattes.cnpq.br/1077333005169151>.

E-mail: isabelacrcruz@gmail.com

Joyce Noelly Vitor Santos

Doutoranda em Ciências da Saúde pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) - Brasil

<http://lattes.cnpq.br/0016058584340709>.

E-mail: joycenvsantos@gmail.com

Giovana Tereza Brito de Freitas Castro

Discente do Curso de Fisioterapia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) - Brasil

<http://lattes.cnpq.br/0627246853569870>.

E-mail: giovana.castro@ufvjm.edu.br

Frederico Lopes Alves

Mestrado Profissional em Saúde, Sociedade e Ambiente pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil.

Médico nefrologista da Santa Casa de Caridade de Diamantina-MG

<http://lattes.cnpq.br/2531420601358390>.

E-mail: fredlopesalves@gmail.com

Vanessa Gomes Brandão Rodrigues

Mestre em Reabilitação e Desempenho Funcional pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil.

Médica nefrologista da Santa Casa de Caridade de Diamantina-MG

<http://lattes.cnpq.br/2267602060809677>.

E-mail: vanessabrodrigues@gmail.com

Emílio Henrique Barroso Maciel

Médico Nefrologista

Médico nefrologista da Santa Casa de Caridade de Diamantina-MG

<http://lattes.cnpq.br/7120578817313481>.

E-mail: emiliobmacial@gmail.com

Maria Cecília Sales Mendes Prates

Mestre em Reabilitação e Desempenho Funcional pela
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil.
Médica nefrologista da Santa Casa de Caridade de Diamantina-MG
<http://lattes.cnpq.br/0015535983762666>.
E-mail: ceciliaprates@yahoo.com.br

Profa. Dra. Ana Cristina Rodrigues Lacerda
Doutora em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
- Brasil
Docente do Curso de Fisioterapia e do Programa de Pós-Graduação em
Reabilitação e Desempenho Funcional da Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/0618478401974603>.
E-mail: lacerda.acr@ufvjm.edu.br

Profa. Dra. Vanessa Pereira Lima
Doutora em Ciências da Reabilitação pela Universidade Federal de Minas Gerais -
UFMG - Brasil
Docente do Curso de Fisioterapia e do Programa de Pós-Graduação em
Reabilitação e Desempenho Funcional da Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/5531175017522217>.
E-mail: vanessa.lima@ufvjm.edu.br

Profa. Dra. Vanessa Amaral Mendonça
Doutora em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
- Brasil
Docente do Curso de Fisioterapia e do Programa de Pós-Graduação em
Reabilitação e Desempenho Funcional da Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/2395829088259037>.
E-mail: vanessa.mendonca@ufvjm.edu.br

Prof. Dr. Henrique Silveira Costa
Doutor em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG -
Brasil
Docente do Curso de Fisioterapia e do Programa de Pós-Graduação em
Reabilitação e Desempenho Funcional da Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/7728459725592440>.
E-mail: henrique.costa@ufvjm.edu.br

Prof. Dr. Pedro Henrique Scheidt Figueiredo
Doutor em Ciências Fisiológicas pela Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil
Docente do Curso de Fisioterapia e do Programa de Pós-Graduação em
Reabilitação e Desempenho Funcional da Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/3798567897955213>.
E-mail: pedro.figueiredo@ufvjm.edu.br

Resumo: Adicionalmente ao exercício aeróbio, o treinamento muscular inspiratório (TMI) vem sendo recomendado para pessoas em hemodiálise. Entretanto, suas repercussões agudas não são conhecidas nessa população. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos agudos do TMI sobre parâmetros hemodinâmicos e autonômicos durante uma sessão de hemodiálise. Através de um ensaio randomizado controlado, pacientes em hemodiálise foram alocados para três grupos: grupo exercício aeróbio (GEA), grupo TMI (GTMI) e grupo controle (GC). O GEA realizou exercício aeróbio durante 30min; o GTMI realizou TMI a 50% da pressão inspiratória máxima, em três séries de 15 incursões; e o GC realizou uma sessão de hemodiálise sem intervenção. Avaliou-se a pressão arterial sistólica, diastólica e média; frequência cardíaca (FC); e função autonômica, pela Variabilidade da FC, por meio dos índices rMSSD, pNN50, LF, HF e LF/HF. Foram avaliados 27 indivíduos (67% homens), com idade de 46,7 (41,4–52,4) anos. Não houve variação da pressão arterial e FC durante o TMI, assim como no GC. Os valores de FC durante o TMI foram inferiores aos no exercício aeróbio ($p<0,001$). Aumento da modulação vagal foi observada no TMI, pelo aumento de pNN50, LF e HF, em relação ao momento pré. Não houve diferenças em relação ao GC. Durante o exercício aeróbio, houve aumento da modulação simpática, pela redução de rMSSD e HF, em comparação ao GTMI ($p=0,007$) e ao GC ($p=0,016$). Conclui-se que o TMI desencadeia aumento da modulação vagal, sem repercussões hemodinâmicas, diferente do aumento do tônus simpático observado durante o exercício aeróbio.

Palavras-Chave: Treino aeróbico. Sistema nervoso autônomo. Hemodinâmica. Hemodiálise.

Introdução

A Doença Renal Crônica (DRC) emerge como um sério problema de saúde nas populações contemporâneas, apresentando crescimento alarmante. É caracterizada pela perda progressiva da função renal, que em estágios mais avançados torna-se necessário o tratamento dialítico, sendo a hemodiálise (HD) a forma de tratamento mais realizada (Sesso, 2011; Marques; Pereira; Ribeiro, 2005; Romão, 2007; Cherchiglia *et al.*, 2006; Peres *et al.*, 2010). De acordo com o Sesso *et al.*, 2016, no Brasil, o número estimado de pacientes em HD em julho de 2014 foi de 112.004 pessoas, observando-se um aumento, em média, de 5% ao ano entre 2011-2014. Isso gera um impacto financeiro e social negativo, visto as repercussões clínicas e funcionais oriundas do tratamento dialítico (Bertolin *et al.*, 2011).

O início do tratamento por HD está associado à imposição de uma série de alterações fisiológicas e funcionais que, junto aos efeitos induzidos pela própria DRC, leva a uma grande degradação da força e resistência muscular, com consequente redução da aptidão física (Kosmadakis *et al.*, 2010). Além disso, assim como ocorre na população em geral, a inatividade física está associada à redução da sobrevida na DRC dialítica, conforme demonstrado por O' Hare *et al.*, 2003. Esses autores demonstraram que pacientes em HD sedentários, possuem um risco de morte, no período de um ano, 64% maior que pacientes mais ativos.

Neste contexto, o treinamento físico aeróbio aparece como modalidade de tratamento não farmacológico fundamental para essa população, com resultados benéficos já bem consolidados na literatura (Sesso, 2011). Porém, assim como ocorre com os grupamentos musculares do aparelho locomotor, a musculatura respiratória

pode ser gravemente afetada na DRC (Kovelis *et al.*, 2008; Dipp *et al.*, 2006; Figueiredo *et al.*, 2017).

Estudos prévios demonstraram que a força muscular respiratória, representada pelas pressões inspiratórias (PImáx) e expiratórias máximas (PEmáx), e os volumes e capacidades pulmonares são reduzidos nos indivíduos submetidos à HD (Kovelis *et al.*, 2008; Dipp *et al.*, 2010). Em virtude disso, o treinamento da musculatura inspiratória (TMI) tem sido estudado nessa população, com resultados satisfatórios quanto à melhora da capacidade funcional e ventilatória (Marchesan *et al.*, 2008; Pellizzaro; Thomé; Veronese, 2008; Coelho *et al.*, 2006; Figueiredo *et al.*, 2018). Desta forma, o TMI emerge como modalidade alternativa de treinamento para esta população. Entretanto, as repercussões cardiovasculares agudas de uma sessão de TMI intradialítico não são conhecidas. Assim, este estudo visa avaliar os efeitos agudos do TMI, comparando-os aos do exercício aeróbio, sobre parâmetros hemodinâmicos e autonômicos de pacientes em HD.

Este estudo tem como hipótese alternativa que uma sessão de TMI não altera os efeitos hemodinâmicos e autonômicos desencadeados pela sessão de HD.

Métodos

Tipo e local do estudo

Trata-se de um ensaio randomizado e controlado, conduzido pelo Laboratório de Reabilitação Cardiovascular (LABCAR) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), no setor de hemodiálise da Santa Casa de Caridade de Diamantina, do período de março de 2015 a fevereiro de 2016, após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UFVJM (número 868.686).

Seleção da amostra

Após liberação pela equipe médica, foram avaliados indivíduos com idade a partir de 18 anos, de ambos os sexos, submetidos a HD por mais de três meses, com via de acesso por fístula arteriovenosa. Foram excluídos da seleção aqueles que apresentassem anemia grave, angina instável, arritmias ventriculares complexas, doença metabólica grave, infarto agudo do miocárdio a menos de um mês, afecções agudas, aneurisma de aorta, estenose aórtica grave ou comprometimento respiratório, neurológico e musculoesquelético que impossibilitasse a prática de atividade física ou a incapacidade de execução de alguma das etapas do protocolo de avaliação.

Considerando uma variação de 8% da PA após o treinamento aeróbio, com desvio padrão de 7% (Moore *et al.*, 1993), poder do teste de 85% e alpha de 5%, o tamanho amostral estimado foi de nove voluntários por grupo.

Após seleção da amostra os participantes foram aleatoriamente alocados (sorteio simples) em três condições experimentais intradialíticas: grupo exercício aeróbio (GEA), grupo treinamento muscular inspiratório (GTMI) e grupo controle (GC).

No GEA os voluntários realizaram uma sessão de exercício aeróbio de forma supervisionada, por meio de um cicloergômetro portátil de 41 cm de profundidade (Mini Bike E5, ACTE Sports, São Paulo, Brasil) com ajuste manual de carga e marcador de cadência da pedalada. Foi composto por três etapas: aquecimento, condicionamento e resfriamento. Na primeira e na última etapa, o voluntário realizou pedaladas no dispositivo sem adição de carga, durante cinco minutos. Na fase de condicionamento a resistência à rotação dos pedais foi ajustada, mantendo uma cadência de rotação de 50 rpm, de forma a impor uma sobrecarga

suficiente para manter a percepção de esforço de três a cinco pela escala modificada de Borg, durante 30 min (Smart *et al.*, 2013).

No GTMI os voluntários realizaram uma sessão de TMI por meio do dispositivo com carga pressórica linear Threshold IMT® (Respironics, Murrysville PA, USA) ou o *PowerBreathe ligh Resistance e median Resistance* (Powerbreathe, HaB International Ltd, Southam, UK), conforme a P_{Imáx} do voluntários. O TMI foi realizado na posição sentada, com carga de 50% da P_{Imax}. As manobras foram realizadas em três séries de 15 repetições, com intervalos de um minuto de repouso entre ambas, conforme adaptação de Pellizzaro *et al.*, 2013.

Já no GC, os voluntários realizaram uma sessão de HD, seguindo a prescrição médica e nenhuma intervenção fisioterapêutica foi aplicada. Os programas de exercício físico (exercício aeróbio e TMI) foram intradialíticos, realizados nas primeiras duas horas da segunda sessão semanal de HD. Além disso, todos os voluntários passaram por um período de adaptação/familiarização aos dispositivos de intervenção antes de iniciar o período de treinamento.

Instrumentos de medida e procedimentos

Antes de iniciar as intervenções e também no GC, todos os voluntários foram submetidos a exame físico, contemplando a mensuração da altura e massa corporal, cálculo do índice de massa corporal (IMC) e medição da circunferência da cintura e da força muscular inspiratória.

Medida da massa corporal, estatura, cálculo do IMC e circunferência da cintura

A massa corporal e estatura foram medidas por meio de balança devidamente calibrada Líder Balança® (LD 1050) e o IMC calculado pela razão: peso/altura² (Marques; Pereira; Ribeiro, 2005; Volp *et al.*, 2008). A aferição da circunferência da cintura foi realizada com auxílio de fita métrica, estando os voluntários em posição ortostática, com as mãos espalmadas contra as faces laterais das coxas e os membros inferiores aduzidos. A circunferência da cintura foi medida 2,5cm acima da cicatriz umbilical, após uma expiração basal (ACSM, 2007).

Força Muscular Inspiratória

Para estabelecer a carga do TMI, realizou-se a avaliação da força muscular inspiratória, a qual foi analisada a partir da mensuração da P_{Imáx}, por meio da manovacuometria. Para essa avaliação foi utilizado um manovacuômetro analógico devidamente calibrado (MV-150/300, Ger-Ar, São Paulo, Brasil) com variação de -300 a 300cmH₂O e variação de 10cmH₂O. O mesmo foi acoplado a boca do voluntário, por meio de uma traqueia plástica de 2cm de diâmetro e 14cm de comprimento, conectada a um bocal, contendo um orifício de dois milímetros na face superior para compensar a variação de pressão exercida pela musculatura da orofaringe, conforme recomendações da American Thoracic Society/Europen Respiratory Society (2002).

Para a avaliação, o indivíduo permaneceu em repouso na posição sentada. Em seguida, foi orientado a realizar uma inspiração com a maior força possível com as narinas ocluídas por um clipe, a partir do volume residual. As incursões inspiratórias

foram repetidas para aprendizado e, em seguida, foram realizadas três medidas tecnicamente satisfatórias com repouso de 60s entre elas. Foram consideradas como satisfatórias as medidas que apresentaram variação inferior a 10%, sem a presença de escape aéreo e que foram sustentadas por, pelo menos, um segundo. O valor considerado para análise foi o mais alto, desde que não tenha sido obtido na última manobra. Estímulos verbais padronizados foram oferecidos durante as incursões inspiratórias máximas (Souza, 2002).

Os valores previstos pelas equações de regressão para cálculo da P_{lmáx} foram calculados em função do sexo e idade para a população saudável brasileira, conforme proposto por Neder *et al.*, 1999, para interpretação dos resultados.

Variáveis do estudo

Imediatamente antes, durante e uma hora após o término das intervenções no GEA e GTMI, assim como no período de controle no GC, os voluntários foram avaliados quanto à pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC) e função autonômica cardíaca por meio da análise da variabilidade da FC (VFC).

Medida da Pressão Arterial

A aferição PA de repouso foi determinada de acordo com a padronização proposta pela VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial, 2010, realizada por método auscultatório, com esfigmomanômetro do tipo aneróide adulto (BR-20D, Wenzhou Kangju Medical Instruments Co. Ltd, Wenzhou, China), onde três medidas

foram efetuadas com intervalo de 1 minuto entre elas. Considerou-se a média das duas últimas medidas. Novas medidas foram realizadas a cada cinco minutos durante o período de intervenção e controle, imediatamente após, e uma hora após o término da intervenção.

Avaliação da Frequência Cardíaca

O registro da FC foi feito através de um cardiofrequencímetro da marca Polar® (modelo S 810, Finlândia, 2005), que é um microprocessador pessoal digital que capta e armazena em tempo real sucessivos intervalos entre duas ondas R (iR-R) em milissegundos (ms), ou seja, intervalos entre duas sístoles consecutivas, representada pelo pico do complexo QRS no eletrocardiograma, detectados com precisão pelo aparelho. A medida do repouso (pré) foi dada após cinco minutos na posição sentada. A FC considerada durante as intervenções e período do controle foi a de maior valor registrado.

Variabilidade da Frequência Cardíaca

A análise da VFC foi realizada por meio de cardiofrequencímetro (Polar®S 810, Finlândia, 2005) através do método linear e verificada nos domínios do tempo e frequência. As variáveis verificadas no domínio do tempo foram: rMSSD [raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, expresso em milissegundos (ms)] e pNN50 (percentual de intervalos RR normais com diferença maior que 50 ms) (ESC/NASPE, 1996).

Já no domínio da frequência foram analisados os componentes de alta frequência (*High Frequency* - HF), com variação de 0,15 a 0,4Hz, os de baixa frequência (*Low Frequency* - LF), com variação entre 0,04 e 0,15Hz (Vanderleil *et al.*, 2009), assim como a relação entre estes (LH/HF), que reflete o balanço simpato-vagal (Brunetto *et al.*, 2005). O registro dos intervalos RR foi contínuo, desde o período de repouso até o final das intervenções. Para análise da VFC, foi considerado o registro por 10 minutos de repouso, durante todo o período de intervenção, e por uma hora após as intervenções. No GC, o registro dos intervalos RR foi realizado nos mesmos períodos do GEA. Valores normativos seguiram os definidos pela *European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology* (ESC/NASPE, 1996).

Análise estatística

A análise estatística foi realizada no *software* SPSS 22.0. (*Statistical Package for Social Sciences*). Para caracterização da amostra utilizou-se a estatística descritiva. O Teste Shapiro-Wilk foi empregado para análise da normalidade das variáveis contínuas, e os dados foram expressos em média e intervalo de confiança a 95% (IC95%). As variáveis categóricas foram apresentadas como número absoluto e porcentagem. O teste qui-quadrado foi utilizado para comparar a distribuição das variáveis dicotômicas entre os grupos. A comparação entre os grupos foi realizada pela Análise de Variância por Medidas Repetidas (MANOVA) com dois fatores (*two way*) com análise Post Hoc pelo teste de Tukey, quando apropriado. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas se $p < 0,05$.

Resultados

De 93 pacientes em hemodiálise, 40 eram elegíveis. Desses, 12 foram excluídos. Os 28 voluntários foram então alocados para as três condições experimentais (GC = 9; GTMI = 9 e GEA = 10). Durante a execução do GEA um voluntário foi excluído. Assim, a amostra final do estudo foi composta por 27 voluntários, conforme a figura 1.

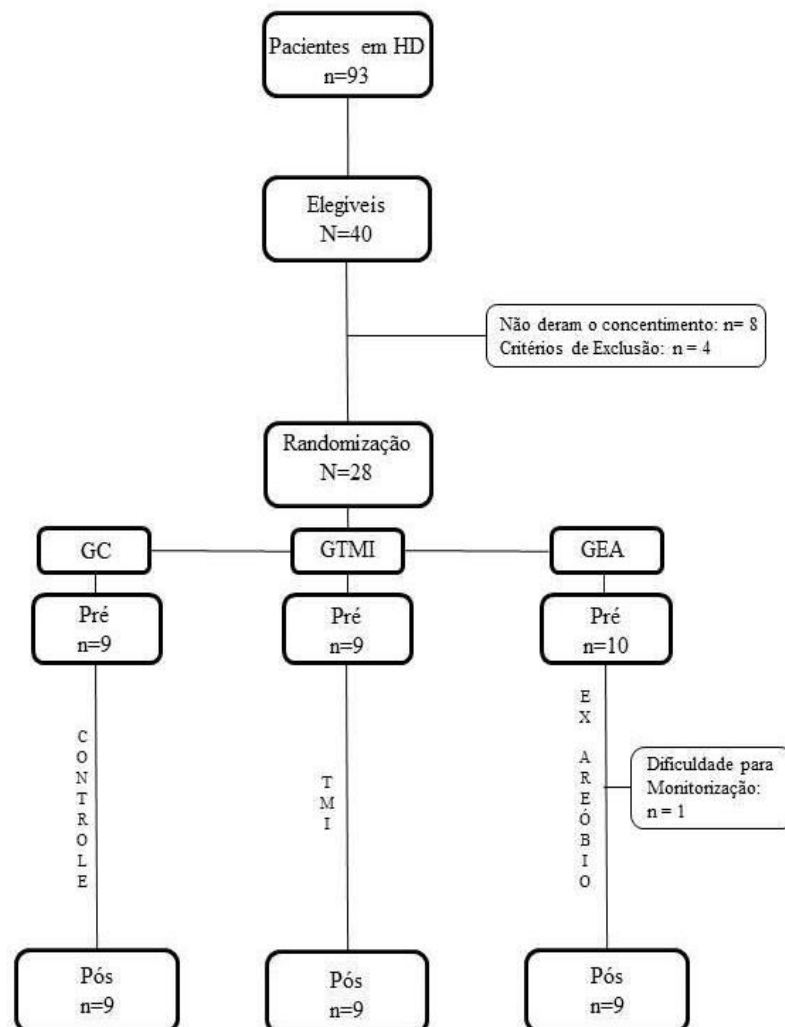


Figura. 1. Fluxograma. GC: grupo controle; GTMI: grupo treinamento muscular inspiratório; GEA: grupo exercício aeróbico.

Na tabela 1 estão apresentadas as características da amostra. Os participantes eram, em sua maioria, homens (66,7%), com idade de 46,7 (41,4 – 52,4) anos, em hemodiálise há 4,4 (2,7 – 6,0) anos, tendo como principal etiologia da DRC a hipertensão arterial sistêmica (59,3%). Pode-se observar que os grupos eram homogêneos quanto às variáveis clínicas, demográficas e antropométricas.

Tabela 1. Características da amostra

	GC (N=9)	GEA(N=9)	GTMI (N=9)	p
Sexo				
Masculino, n(%)	5 (55,6)	6 (66,7)	7 (77,8)	0,607
Feminino, n (%)	4 (44,4)	3 (33,3)	2 (22,2)	
Raça				
Negra, n(%)	3 (33,3)	2 (22,2)	4 (44,4)	0,736
Parda, n(%)	4 (44,4)	3 (33,3)	2 (22,2)	
Branca, n(%)	2 (22,2)	4 (44,4)	3 (33,3)	
Idade, anos	44,3 (35,2 – 53,4)	48,4 (36,3 – 60,3)	42,7 (32,3 – 53,0)	0,550
Peso, kg	70,5 (55,5 – 85,5)	71,3 (55,3 – 87,2)	59,0 (49,0 – 68,9)	0,391
IMC, kg/m²	25,6 (18,8 – 32,5)	25,9 (20,6 – 31,1)	23,3 (20,0 – 26,6)	0,864
Cintura, cm	84,6 (63,3 – 105,8)	88,8 (73,6 – 104,0)	78,3 (68,8 – 87,9)	0,568
Etiologia da DRC				
Nefropatia Diabética, n(%)	3 (33,3)	2 (22,2)	1 (11,1)	
Nefropatia hipertensiva, n(%)	4 (44,4)	6 (66,7)	6 (55,6)	
Outros, n(%)	2 (22,2)	1 (11,1)	2 (22,2)	
Medicações				
β-bloqueador, n (%)	5 (55,6)	6 (66,7)	3 (33,3)	0,354
Eritropoetina, n (%)	8 (88,9)	9 (100,0)	7 (77,8)	0,325
Insulina, n (%)	3 (33,3)	2 (22,2)	2 (22,2)	0,825
Dados da Diálise				
Tempo de HD, anos	4,6 (0,7 – 8,5)	3,0 (0,8 – 6,9)	5,2 (2,8 – 7,6)	0,103
Índice Kt/v	1,5 (1,3 – 1,7)	1,6 (1,4 – 1,8)	1,6 (1,4 – 1,8)	0,915
Taxa de remoção de Uréia	69,3 (64,5 – 74,1)	72,6 (68,5 – 76,3)	73,5 (69,7 – 77,3)	0,219
Hb, mg/dL	10,7 (9,2 – 12,1)	10,3 (9,3 – 11,3)	10,9 (10,1 – 11,8)	0,532
HTC, %	33,6 (29,5 – 37,6)	32,0 (29,2 – 34,9)	34,2 (31,3 – 37,0)	0,403
Albumina, g/dL	3,6 (3,3 – 3,9)	3,8 (3,6 – 3,9)	3,7 (3,5 – 3,9)	0,756

Dados representados por média (IC95%). GC: grupo controle; GEA: grupo exercício aeróbico; GTMI: grupo treinamento muscular inspiratório; IMC: índice de massa corporal; DRC: doença renal crônica; HD: hemodiálise; Kt/v: índice de eficiência da diálise; Hb: hemoglobina; HTC: hematócrito.

Na figura 2 estão apresentados os resultados das condições experimentais nas variáveis hemodinâmicas. Houve aumento significativo da PAD apenas no GEA do momento pré comparado ao período de intervenção. Também no GEA maior FC foi encontrada durante a intervenção em relação aos momentos pré e pós ($p<0,001$), assim quando comparado ao respectivo período no GTMI e GC ($P<0,001$). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as variáveis PAS e PAM, avaliadas tanto intragrupo quanto intergrupos.

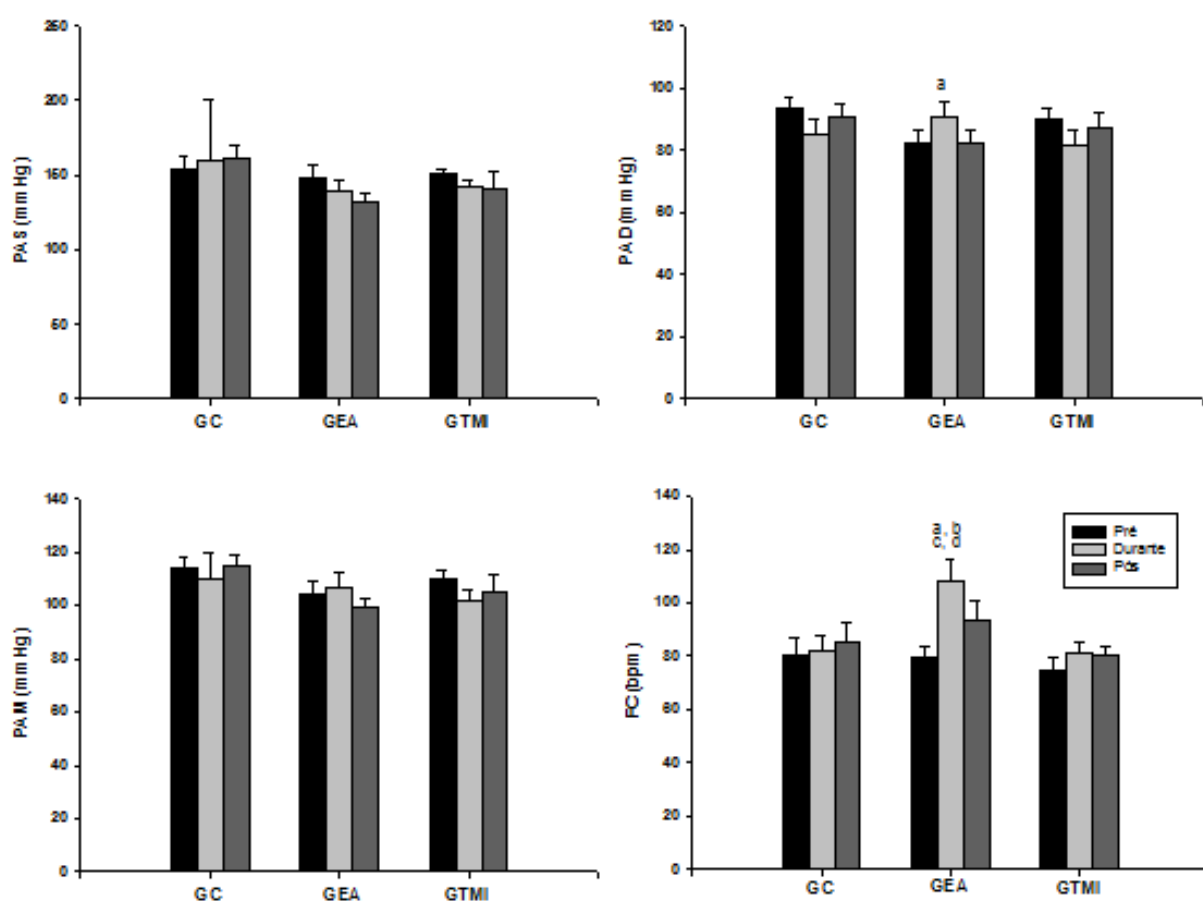


Figura 2 - Efeitos das três condições experimentais sobre a pressão arterial sistêmica e a frequência cardíaca. As barras representam a média e erro padrão. GC: grupo controle; GEA: grupo treinamento aeróbio; GTMI: grupo treinamento muscular inspiratório; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; PAM: pressão arterial média; FC: frequência cardíaca. a: $p<0,05$ em relação ao momento pré; b: $p<0,05$ em relação ao momento pós; c: $p<0,05$ em relação ao GC; d: $p<0,05$ em relação ao GTMI.

Na figura 3 estão expostos os resultados da VFC nos três grupos estudados. Não foram observadas diferenças significativas para as variáveis analisadas no momento pré. Quanto aos índices no domínio do tempo, foi observado aumento de rMSSD e pNN50 no momento pós em relação à condição pré no GC. No GEA, foi notada redução de rMSSD durante o exercício em relação aos momentos pré e pós, e não houve variação significativa de pNN50. Já no GTMI, não foram observadas alterações significativas de rMSSD e elevação de pNN50, durante o TMI, em relação ao momento pré. Na comparação entre os grupos, foi encontrado menor valor rMSSD durante o exercício aeróbico, quando comparado ao GC e GTMI, e menor pNN50 em relação a GC no momento pós.

Quanto às variáveis no domínio da frequência, foi notado aumento de LF durante a intervenção GTMI e no mesmo período do GC em relação ao momento pré. Não houve variações significativas no GEA. Foi também observado aumento de HF no período pós, em relação à condição pré no GC, assim como durante o TMI em relação ao momento pré. Não houve diferenças significativas entre os momentos no GEA. Os valores de HF durante a intervenção no GEA foram significativamente menores que nos grupos GC e GTMI. Alterações significativas de LF/HF não foram encontradas.

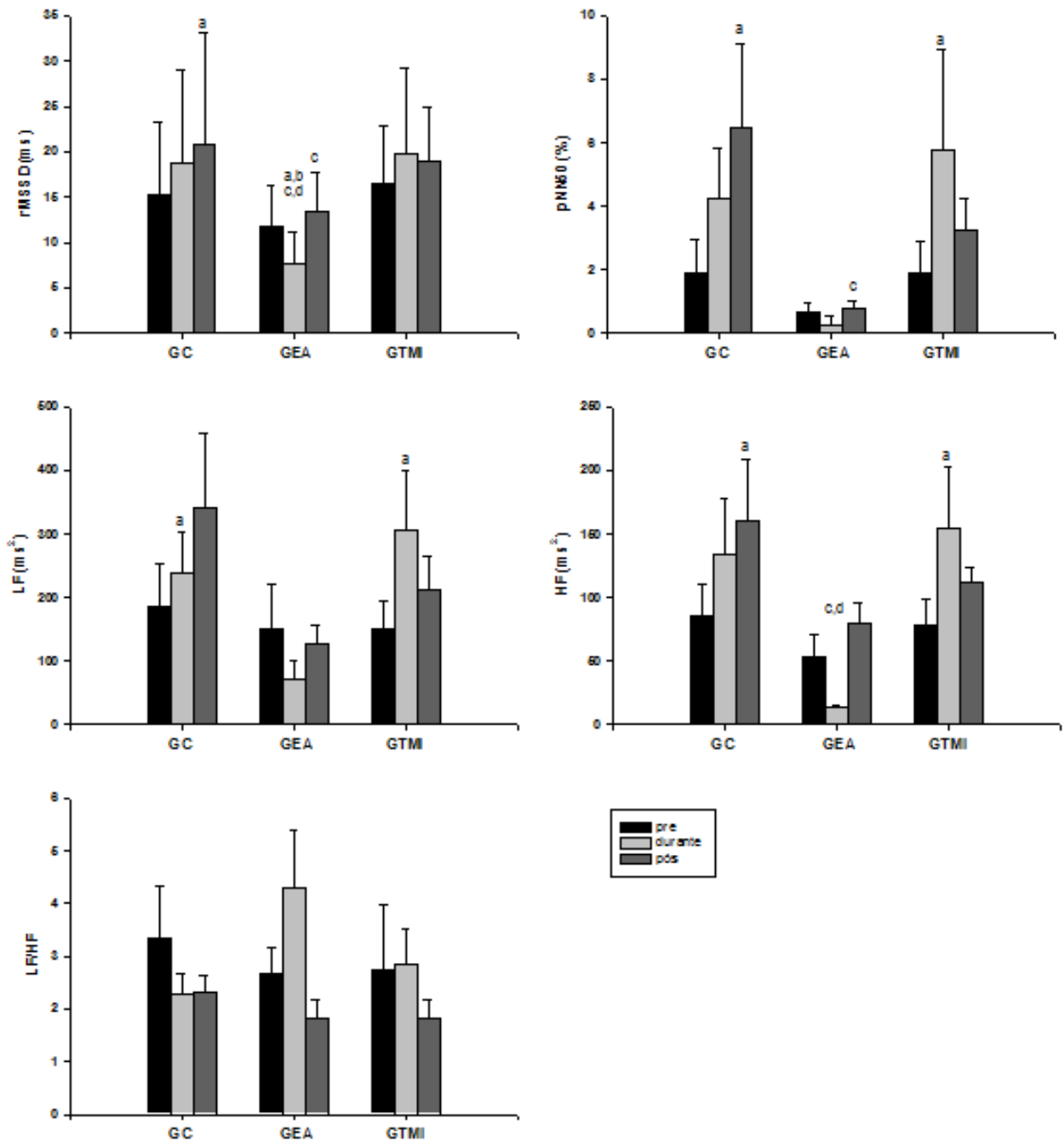


Figura 3. Efeitos do treinamento muscular inspiratório e treinamento aeróbio na variabilidade da frequência cardíaca. Barras representam a média e erro padrão. GC: grupo controle; GEA: grupo treinamento aeróbio; GTMI: grupo treinamento muscular inspiratório; rMSSD: raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes; pNN50: percentual de intervalos RR normais adjacentes com diferença inferior a 50ms; LF: componente de baixa frequência; HF: componente de alta frequência; a: $p < 0,05$ em relação ao momento pré; b: $p < 0,05$ em relação ao momento pós; c: $p < 0,05$ em relação ao GC; d: $p < 0,05$ em relação ao GTMI.

Discussão

O principal achado deste estudo foi que o TMI intradialítico desencadeou aumento agudo do tônus vagal e que este efeito foi divergente do encontrado em uma sessão de exercício aeróbio. Considerando que: o (1) efeito agudo intradialítico do TMI em indivíduos com DRC não foi anteriormente investigado; (2) as repercussões do aumento da modulação vagal na prevenção cardiovascular; (3) e a falta de efeitos adversos induzidos pelo TMI, os resultados do presente estudo ampliam nossas possibilidades de utilização dessa modalidade de treinamento físico nesses indivíduos.

Os efeitos crônicos do TMI já foram explorados em diversas condições clínicas (Charususin *et al.*, 2013; Dall'Ago *et al.*, 2006; Ferreira *et al.*, 2013; Gosselink *et al.*, 2011). A aplicação do TMI tem sido associada a ganhos importantes em parâmetros clínicos e funcionais em diferentes condições de saúde, como observado no estudo de Ferreira *et al.*, em 2013. Efeitos benéficos na redução da PA e melhora do controle autonômico cardiovascular em indivíduos com hipertensão arterial sistêmica, assim como melhora na força e resistência muscular inspiratória, têm sido também notadas (Dall'Ago *et al.*, 2006). Além disso, estudos têm demonstrado ganhos na força muscular, melhora da capacidade pulmonar (Menezes *et al.*, 2016) e redução da dispneia com o TMI, de magnitude superiores aos de exercícios respiratórios convencionais, em pessoas com doença pulmonar obstrutiva crônica (Menezes *et al.*, 2016).

A revisão sistemática de Menezes *et al.*, em 2016, em indivíduos adultos com sequelas de Acidente Vascular Cerebral (AVC) reforça a evidência quanto à eficácia do TMI para aumento da força muscular respiratória. Além disso, demonstraram que o TMI pode diminuir o risco de complicações respiratórias

(Menezes *et al.*, 2016). Em relação à DRC dialítica, os efeitos crônicos do TMI são fundamentados em um número reduzido de trabalhos (Coelho *et al.*, 2006; Figueiredo, 2012; Silva, 2011; Pellizzaro; Thomé; Veronese, 2013; Weiner *et al.*, 1996) e suas repercussões cardiovasculares agudas não eram conhecidas até então.

No presente estudo, a realização do TMI desencadeou aumento dos índices da VFC no domínio do tempo (pNN50) e no domínio da frequência (LF e HF), refletindo um aumento da atividade parassimpática. Provavelmente, o principal fator relacionado às alterações da modulação autonômica observadas seja a respiração profunda durante o TMI. Com o aumento do volume corrente durante a inspiração profunda, há uma ativação do reflexo de Hering-Breuer e, conseqüentemente, uma redução da sensibilidade quimiorreflexa, aumento do barorreflexo e redução da atividade simpática (Bernardi *et al.*, 2001). Assim, na prática, a ventilação mais lenta e com maior volume corrente, aumentam as flutuações da pressão sanguínea e, conseqüentemente, aumentam a variabilidade dos intervalos RR normais.

Embora o volume corrente não tenha sido controlado no presente estudo, as variações do padrão respiratório durante o TMI podem ter afetado a sensibilidade quimiorreflexa, com repercussões na atividade barorreflexa, o que ajuda a explicar o aumento agudo da VFC após o TMI.

Importante considerar que o aumento da modulação vagal observada no TMI não foi acompanhado por hipotensão arterial, o que poderia inferir um aumento do risco de complicações cardiovasculares durante a HD (Park *et al.*, 2013). Assim, acreditamos que esse resultado possa ser benéfico para esta população, visto a forte associação demonstrada entre hipertonia simpática e comprometimento da função arterial na DRC (Kotanko, 2005). Concordando com essas informações, Goso *et al.* (2001), em um estudo com indivíduos com insuficiência cardíaca, demonstraram que

a aplicação de técnicas para adoção de um padrão respiratório com inspirações profundas e lentas pode ser eficaz para restaurar um equilíbrio simpatovagal normal.

Já durante o exercício aeróbio, o comportamento dos parâmetros cardiovasculares seguiu em conformidade com a literatura (Araújo, 2000). Houve aumento da FC durante o exercício, sendo esses valores superiores aos momentos pré e pós, assim como superiores aos observados no mesmo período no GC e GTMI. Também, houve aumento da PAD durante exercício aeróbio em relação ao momento pré, que pode ter ocorrido em consequência das variações da resistência vascular periférica e redução do tônus vagal (Wolthuis *et al.*, 1977). Esta última representada pela redução de rMSSD e HF.

Nota-se em nossos resultados que não houve alteração significativa da PAS durante ambos os protocolos. Durante o exercício intradialítico, os efeitos hemodinâmicos da atividade física podem ser sobrepostos aos da própria sessão de HD. Assim, a perda volêmica induzida pelo tratamento dialítico pode ter contribuído para os resultados observados na PAS. Resultados semelhantes foram encontrados por Dungey *et al.*, 2015, os quais também não observaram variação significativa da PAS durante o exercício aeróbio em relação ao momento pré em uma amostra de pessoas em HD.

Complementando, em nosso estudo, utilizamos a carga resistiva de 50% da PImáx. Archiza *et al.*, em 2013, investigaram os efeitos agudos de diferentes intensidades do TMI na modulação da FC de homens idosos saudáveis. Os autores observaram que menores intensidades de carga resistiva inspiratória promoveram uma maior modulação vagal no nodo sinusal.

Assim, novos estudos podem ser realizados nesta população a fim de verificar os efeitos agudos de diferentes intensidades de TMI. Importante ressaltar que

o controle do volume corrente pode ser implementado em protocolos futuros, o que possibilitará avaliar os efeitos isolados do padrão respiratório adotado durante o TMI sobre os parâmetros autonômicos e hemodinâmicos.

Os resultados aqui apresentados sugerem a segurança da aplicação do TMI e apontam para a necessidade de novos estudos para caracterização de seus efeitos em longo prazo na função autonômica e sobre desfechos clínicos.

Este trabalho apresenta algumas limitações, como o uso de betabloqueadores por alguns indivíduos da amostra. Todavia, não houve variação do tratamento clínico durante a realização do estudo. Assim, a influência da medicação sobre o sistema nervoso autônomo, estava presente durante todo o período de aplicação dos protocolos, o que possibilitou a realização das comparações. Observa-se ainda que, mesmo com mais de 51% dos voluntários em uso de betabloqueadores, os valores de rMSSD e pNN50 dos voluntários foram compatíveis com disfunção autonômica cardíaca (ESC/NASPE, 1996).

Conclusão

Em pessoas com DRC submetidas à HD, o TMI intradialítico desencadeia aumento agudo do tônus vagal, sem alteração hemodinâmica significativa. Isto sugere que o TMI é uma modalidade de exercício segura, podendo ser aplicada em maior escala, principalmente em indivíduos com algumas contraindicações para o treinamento aeróbio convencional. Entretanto, os efeitos do TMI em aspectos clínicos e funcionais nessa população ainda precisam ser estudados.

Agradecimentos: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG.

Referências

- AKHRAS, FAWAZ; UPWARD, JAMES; JACKSON, GRAHAM. Increased diastolic blood pressure response to exercise testing when coronary artery disease is suspected. An indication of severity. **British heart journal**, v. 53, n. 6, p. 598, 1985.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE et al. Diretrizes de ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. **Guanabara Koogan**, 2007.
- AMERICAN THORACIC SOCIETY et al. ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. **Am J Respir Crit Care Med**, v.166, p. 518-624, 2002.
- ARAÚJO, Claudio Gil Soares de. Teste de exercício: terminologia e algumas considerações sobre passado, presente e futuro baseadas em evidências. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 6, p. 77-84, 2000.
- ARCHIZA, Bruno et al. Acute effects of different inspiratory resistive loading on heart rate variability in healthy elderly patients. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 17, p. 401-408, 2013.
- ARMSTRONG, Lawrence et al. Diretrizes do ACSM para os Testes de Esforço e sua Prescrição. **Rio de Janeiro: American College of Sports**, 2007.
- BERNARDI, Luciano et al. Slow breathing reduces chemoreflex response to hypoxia and hypercapnia, and increases baroreflex sensitivity. **Journal of hypertension**, v. 19, n. 12, p. 2221-2229, 2001.
- BERTOLIN, Daniela Comelis et al. Associação entre os modos de enfrentamento e as variáveis sociodemográficas de pessoas em hemodiálise crônica. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 45, p. 1070-1076, 2011.
- BRUNETTO, Antônio Fernando et al. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, p. 22-27, 2005.
- COELHO, Douglas Martins et al. Efeitos de um programa de exercícios físicos no condicionamento de pacientes em hemodiálise. **J Bras Nefrol**, v. 28, n. 3, p. 121-7, 2006.
- CHARUSUSIN, Noppawan et al. Inspiratory muscle training protocol for patients with chronic obstructive pulmonary disease (IMTCO study): a multicentre randomized controlled trial. **BMJ open**, v. 3, n. 8, 2013.
- CHERCHIGLIA, Mariângela Leal et al. Gênese de uma política pública de ações de alto custo e complexidade: as terapias renais substitutivas no Brasil. **Rev. méd. Minas Gerais**, p. 83-89, 2006.

- DALL'AGO, Pedro et al. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: a randomized trial. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 47, n. 4, p. 757-763, 2006.
- DIPP, Thiago et al. Respiratory muscle strength and functional capacity in end-stage renal disease (ESRD). **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 16, p. 246-249, 2010.
- DUNGEY, Maurice et al. The impact of exercising during haemodialysis on blood pressure, markers of cardiac injury and systemic inflammation-preliminary results of a pilot study. **Kidney and Blood Pressure Research**, v. 40, n. 6, p. 593-604, 2015.
- ESC/NASPE. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. **Circulation**, v. 93, n. 5, p. 1043-1065, 1996.
- FIGUEIREDO, Pedro Henrique Scheidt et al. The role of the inspiratory muscle weakness in functional capacity in hemodialysis patients. **PloS one**, v. 12, n. 3, p. e0173159, 2017.
- FIGUEIREDO, Pedro Henrique Scheidt et al. Effects of the inspiratory muscle training and aerobic training on respiratory and functional parameters, inflammatory biomarkers, redox status and quality of life in hemodialysis patients: A randomized clinical trial. **PloS one**, v. 13, n. 7, p. e0200727, 2018.
- FIGUEIREDO, Rogerio Ramos et al. Respiratory biofeedback accuracy in chronic renal failure patients: a method comparison. **Clinical rehabilitation**, v. 26, n. 8, p. 724-732, 2012.
- FERREIRA, Janaína Barcellos et al. Inspiratory muscle training reduces blood pressure and sympathetic activity in hypertensive patients: a randomized controlled trial. **International journal of cardiology**, v. 166, n. 1, p. 61-67, 2013.
- GOSSELINK, Rik et al. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence?. **European Respiratory Journal**, v. 37, n. 2, p. 416-425, 2011.
- GOSO, Yukiko et al. Respiratory modulation of muscle sympathetic nerve activity in patients with chronic heart failure. **Circulation**, v. 104, n. 4, p. 418-423, 2001.
- ELECTROPHYSIOLOGY, Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. **Circulation**, v. 93, n. 5, p. 1043-1065, 1996.
- KOSMADAKIS, George C. et al. Physical exercise in patients with severe kidney disease. **Nephron clinical practice**, v. 115, n. 1, p. c7-c16, 2010.

KOTANKO, Peter. Cause and consequences of sympathetic hyperactivity in chronic kidney disease. **Blood purification**, v. 24, n. 1, p. 95-99, 2005.

KOVELIS, Demetria et al. Pulmonary function and respiratory muscle strength in chronic renal failure patients on hemodialysis. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 34, p. 907-912, 2008.

MARCHESAN, Moane et al. Efeitos do treinamento de força muscular respiratória na capacidade funcional de pacientes com insuficiência renal crônica. **Revista Digital Buenos Aires**, v. 13, p. 119, 2008.

MARQUES, Andreza B.; PEREIRA, Daiane C.; RIBEIRO, R. C. H. M. Motivos e frequência de internação dos pacientes com IRC em tratamento hemodialítico. **Arq Ciênc Saúde**, v. 12, n. 2, p. 67-72, 2005.

MENEZES, Kênia KP et al. Respiratory muscle training increases respiratory muscle strength and reduces respiratory complications after stroke: a systematic review. **Journal of physiotherapy**, v. 62, n. 3, p. 138-144, 2016.

MOORE, Geoffrey E. et al. Uremic myopathy limits aerobic capacity in hemodialysis patients. **American journal of kidney diseases**, v. 22, n. 2, p. 277-287, 1993.

NEDER, Jose Alberto et al. Reference values for lung function tests: II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Brazilian journal of medical and biological research**, v. 32, p. 719-727, 1999.

O'HARE, Ann M. et al. Decreased survival among sedentary patients undergoing dialysis: results from the dialysis morbidity and mortality study wave 2. **American Journal of Kidney Diseases**, v. 41, n. 2, p. 447-454, 2003.

PARK, Jongha et al. A comparative effectiveness research study of the change in blood pressure during hemodialysis treatment and survival. **Kidney international**, v. 84, n. 4, p. 795-802, 2013.

PELLIZZARO, Cíntia O.; THOMÉ, Fernando S.; VERONESE, Francisco V. Effect of peripheral and respiratory muscle training on the functional capacity of hemodialysis patients. **Renal failure**, v. 35, n. 2, p. 189-197, 2013.

PERES, Luis Alberto Batista et al. Estudo epidemiológico da doença renal crônica terminal no oeste do Paraná: uma experiência de 878 casos atendidos em 25 anos. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 32, p. 51-56, 2010.

ROMÃO JUNIOR, João Egidio. A doença renal crônica: do diagnóstico ao tratamento. **Prática hospitalar**, v. 9, n. 52, p. 168-170, 2007.

SILVA, Vanessa Giendruczak da et al. Effects of inspiratory muscle training in hemodialysis patients. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 33, p. 62-68, 2011.

SESSO, Ricardo Cintra et al. Brazilian chronic dialysis census 2014. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 38, p. 54-61, 2016.

SMART, Neil A. et al. Exercise & Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise and chronic kidney disease. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 16, n. 5, p. 406-411, 2013.

SESSO, Ricardo de Castro Cintra et al. Diálise crônica no Brasil-relatório do censo brasileiro de diálise, 2011. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 34, p. 272-277, 2012.

DE CARDIOLOGÍA, Sociedad Brasileira et al. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. **Arq Bras Cardiol [Internet]**, v. 95, p. 1-51, 2010.

SIMÃO, Antônio Felipe et al. I Diretriz brasileira de prevenção cardiovascular. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 101, p. 1-63, 2013.

SOUZA, R. B. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Diretrizes para teste de função pulmonar. Pressões respiratórias estáticas máximas. **Jornal Bras Pneumol**, v. 28, n. 3, p. S155-S165, 2002.

VANDERLEI, Luiz Carlos Marques et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 24, p. 205-217, 2009.

VOLP, Ana Carolina Pinheiro et al. Capacidade dos biomarcadores inflamatórios em prever a síndrome metabólica: Inflammation biomarkers capacity in predicting the metabolic syndrome. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 52, p. 537-549, 2008.

WEINER, P. et al. Specific inspiratory muscle training in chronic hemodialysis. **Harefuah**, v. 130, n. 2, p. 73-6, 144, 1996.

WOLTHUIS, R. A. et al. The response of healthy men to treadmill exercise. **Circulation**, v. 55, n. 1, p. 153-157, 1977.