

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

Mayara Simões

**EFEITOS RESPIRATÓRIOS, MUSCULARES E AUTONÔMICO DO
PROTOCOLO FISIOTERAPÊUTICO REALIZADO DURANTE
HEMODIÁLISE EM INDIVÍDUOS COM INSUFICIÊNCIA RENAL CRÔNICA**

Uberaba - 2018

Mayara Simões

**EFEITOS RESPIRATÓRIOS, MUSCULARES E AUTONÔMICO DO
PROTOCOLO FISIOTERAPÊUTICO REALIZADO DURANTE
HEMODIÁLISE EM INDIVÍDUOS COM INSUFICIÊNCIA RENAL CRÔNICA**

Dissertação no modelo de artigo apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, área de “Processos de Avaliação e Intervenção Fisioterapêutica dos Sistemas Cardiorrespiratório e Neurológico”, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito para obtenção do título de Mestre em Fisioterapia.

Orientadora: Profa. Dra. Marilita Falângola Accioly

Uberaba - 2018

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

S615e Simões, Mayara
Efeitos respiratórios, musculares e autonômico do protocolo fisioterapêutico realizado durante hemodiálise em indivíduos com insuficiência renal crônica / Mayara Simões. -- 2018.
46 f. : il., fig., tab.

Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2018
Orientador: Prof. Dr. Marilita Falângola Accioly

1. Insuficiência renal crônica. 2. Exercício. 3. Diálise renal. I. Accioly, Marilita Falângola. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 616.61-008.6

ERRATA

SIMÕES, M. **Efeitos respiratórios, musculares e autonômico do protocolo fisioterapêutico realizado durante hemodiálise em indivíduos com Insuficiência Renal Crônica.** 2018. 46 f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2018.

Folha	Linha	Onde se lê	Leia-se
Folha de aprovação	Título da dissertação	Intervenção fisioterapêutica intradialítica em indivíduos com Insuficiência Renal Crônica.	Efeitos respiratórios, musculares e autonômico do protocolo fisioterapêutico realizado durante hemodiálise em indivíduos com Insuficiência Renal Crônica.

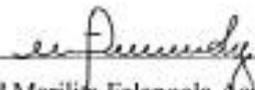
MAYARA SIMÕES

**INTERVENÇÃO FISIOTERAPÊUTICA INTRA-DIALÍTICA EM INDIVÍDUOS
COM INSUFICIÊNCIA RENAL CRÔNICA.**

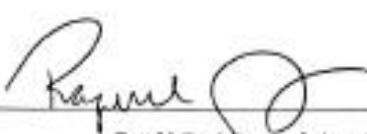
Dissertação/Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, área de concentração Avaliação e Intervenção em Fisioterapia, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre(a) em Fisioterapia.

Aprovado em: 18 de julho de 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Dr.ª Marilim Falangola Accioly – Orientadora
Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)



Prof.ª Dr.ª Raquel Annoni
Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)



Prof. Dr. Moacir Fernandes de Godoy
Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto (FAMERP)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus, por todas as oportunidades proporcionadas para que eu pudesse chegar até esse momento, tão sonhado por mim e pela minha família.

À Profa. Dra. Marilita Falângola Accioly, minha orientadora, a qual eu agradeço com muito carinho por todo ensinamento proporcionado. Obrigada por ter acreditado e depositado sua confiança em mim. Minha eterna gratidão.

À minha família, principalmente, aos meus pais, pelo amor incondicional, pelas lutas diárias junto comigo, pela paciência, por sempre vibrarem nas minhas vitórias, e por todo ensinamento nas dificuldades da vida. Ao meu pai, meu maior incentivador, por me atender todas as vezes que eu precisei durante essa jornada. Tenho certeza que o senhor gostaria de estar nesse momento, e está em festa com mais essa vitória. À minha mãe, que sempre está ao meu lado, me apoiando, torcendo e vibrando com minhas conquistas.

Ao meu namorado Matheus, por toda ajuda, por considerar esse projeto como se fosse o seu, por todas as dicas, que foram de grande valia.

Aos participantes da pesquisa, pela disponibilidade e paciência durante as coletas. A toda equipe de enfermagem do Hospital de Clínicas da UFTM e do Hospital São José, por acreditarem nos benefícios do projeto aos pacientes.

À Laíse, Fernanda, Brenda, Bianca e Graziella que nos auxiliaram com a realização das coletas de dados, e ao professor Dr. Moacir Fernandes de Godoy e a Dra Michele Lima Gregório, pela ajuda nas análises dos dados, sem vocês nada disso seria possível. O meu muito obrigada.

“Ensinar sem invadir a ultraestrutura fina
Da alma que busca a luz do seu magistério
Ser a luz, o caminho, a verdade, o refrigério
Ser conhecimento que liberta e não domina”

(Dr. João Lázaro da Silva)

RESUMO

ANTECEDENTES: A Insuficiência Renal Crônica (IRC) acomete diversos sistemas fisiológicos, sendo responsáveis pelo crescente número de morbimortalidade nessa população. O objetivo deste estudo foi analisar se o protocolo fisioterapêutico proposto durante a hemodiálise (HD) aumenta a força de extensores de joelho, de preensão palmar e da musculatura respiratória, a função pulmonar, a capacidade funcional e se modifica a modulação autonômica da frequência cardíaca (FC) dos indivíduos com IRC.

MÉTODOS: Estudo quase experimental do tipo antes e depois, no qual a intervenção fisioterapêutica foi realizada em indivíduos com IRC em tratamento hemodialítico. Os participantes foram submetidos ao protocolo, realizado nas duas primeiras horas da HD, três vezes por semana, durante oito semanas, constituído por exercícios respiratórios, exercícios aeróbicos, e eletroestimulação associado a exercícios resistidos. Foram analisadas a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), força muscular respiratória, de extensores de joelho e de preensão palmar, função pulmonar e capacidade funcional, antes e após intervenção. O nível de significância estabelecido foi de 5%.

RESULTADOS: Participaram do estudo onze indivíduos ($49,2 \pm 8,6$ anos). Houve aumento significativo nos índices RRtri ($p = 0,037$), comprimento máximo das linhas diagonais ($p = 0,044$), da força muscular expiratória ($p = 0,012$), de extensores de joelho ($p = 0,025$), e de preensão palmar ($p = 0,001$), e da capacidade funcional ($p = 0,009$).

CONCLUSÃO: O protocolo proposto modifica a modulação autonômica da FC, e é eficaz no aumento da força muscular expiratória, de extensores de joelho e de preensão palmar, além da capacidade funcional de indivíduos com IRC em HD.

Palavras-chave: Insuficiência Renal Crônica; Exercício; Hemodiálise; Variabilidade da Frequência Cardíaca.

ABSTRACT

BACKGROUND: Chronic Renal Insufficiency (CRI) affects several physiological systems, being responsible for the increasing number of morbidity and mortality in this population. The objective of this study was to analyze whether the proposed physiotherapeutic protocol during hemodialysis (HD) increases the strength of knee extensors, palmar grip and respiratory muscles, lung function, functional capacity and modifies autonomic heart rate (HR) modulation of individuals with CRI.

METHODS: A quasi-experimental study of the before and after type, in which the physiotherapeutic intervention was performed in individuals with CRI undergoing HD. Participants were submitted to the protocol, performed in the first two hours of the HD, three times a week for eight weeks, consisting of respiratory exercises, aerobic exercises, and electrostimulation associated with resistance exercises. Variability of heart rate (HRV), respiratory muscle strength, strength knee extensors and palmar grip strength, lung function and functional capacity were analyzed before and after intervention. The level of significance was set at 5%.

RESULTS: Eleven individuals (49.2 ± 8.6 years) participated in the study. There was a significant increase in RRtri index ($p = 0.037$), maximal length of diagonal lines ($p = 0.044$), expiratory muscle strength ($p = 0.012$), strength of knee extensors ($p = 0.025$), palmar grip ($p = 0.001$), and functional capacity ($p = 0.009$).

CONCLUSION: The proposed protocol modifies the autonomic modulation of HR, and is effective in increasing expiratory muscle strength, knee extensors and palmar grip, as well as the functional capacity of individuals with CRI in HD.

Key-words: Renal Insufficiency, Chronic; Exercise; Hemodialysis; Heart Rate Variability.

SUMÁRIO

1 REVISÃO DE LITERATURA	9
1.1 Doença Renal Crônica	9
1.2 Síndrome Urêmica	11
1.3 Sistema Respiratório	12
1.4 Sistema Musculoesquelético.....	13
1.5 Sistema Cardiovascular	13
1.6 Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)	14
1.6.1 Análise da VFC.....	15
2 ARTIGO.....	21
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS DA REVISÃO DE LITERATURA.....	43

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Doença Renal Crônica

A Doença Renal Crônica (DRC) consiste em lesão renal e perda progressiva e irreversível da função dos rins¹. Quando há lesão renal ou a taxa de filtração glomerular (TFG) for menor que 60ml/min/1,73m² por um período maior ou igual a três meses, têm-se o diagnóstico de DRC. A evidência de lesão renal pode ser observada na presença de anormalidades patológicas ou de marcadores de lesão². A fase mais avançada da doença é também denominada de fase terminal de Insuficiência Renal Crônica (IRC)¹.

A IRC representa, não somente a falência da excreção renal, mas também das funções metabólicas e endócrinas dos rins, afetando todos os órgãos do corpo³.

A incidência de pacientes com IRC cresce gradativamente, tanto no Brasil como no mundo, gerando um importante problema de saúde pública⁴. Segundo o último censo da Sociedade Brasileira de Nefrologia (2016), o número de pacientes em hemodiálise (HD), no Brasil, elevou-se de 91.314 para 122.825, nos últimos cinco anos. Houve um aumento anual médio no número de pacientes de 6,3% nos últimos cinco anos. Metade desses pacientes encontrava-se na região Sudeste⁵.

Diversas causas podem acarretar a IRC, dentre elas: distúrbios metabólicos, como o diabetes mellitus e a obesidade, os distúrbios vasculares renais (aterosclerose), distúrbios imunológicos, sendo o principal distúrbio a glomerulonefrite, infecções, distúrbios tubulares primários, obstruções do trato urinário por cálculos renais e doenças congênitas como o rim policístico⁶. As doenças de base mais habituais, em 2016, foram: hipertensão arterial (34%) e diabetes mellitus (30%), seguidos por glomerulonefrite crônica (9%) e rins policísticos (4%)⁵.

Os rins desempenham diversas funções, tais como: a função excretora, na qual o rim é responsável pela excreção de catabólitos provenientes do nosso metabolismo e de muitas substâncias ingeridas que não são aproveitadas em nosso organismo; apresentam também a função homeostática, na qual ele é responsável por manter o equilíbrio hidroeletrolítico e ácido-básico; e além disso, o rim desempenha a função endócrina, ou seja, ele é responsável pela produção de hormônios, da vitamina D, eritropetina, renina, entre outros^{6,7}.

Com o desenvolvimento da IRC, os rins começam a perder todas essas funções de maneira progressiva. Com isso, observa-se a perda da função excretória, havendo um acúmulo de catabólitos, que são conhecidas como toxinas urêmicas; acontece a deteriorização da

função homeostática, provocando alterações do equilíbrio hidroeletrólítico e ácido-básico, como a acidose metabólica, hipervolemia, hipercalemia, hiperfosfatemia; e por fim, o rim passa a perder a função endócrina, ocasionando distúrbios hormonais, tais como: hiperparatiroidismo, infertilidade, anemia e distúrbios do crescimento^{6,7}.

Quanto à classificação da DRC, ela pode ser dividida em cinco estágios do estadiamento: estágio 1 quando a TFG for maior que 90, porém já com sinais de lesão renal estrutural, marcado principalmente pela proteinúria persistente; estágio 2 a TFG entre 60 e 89, já é considerado IRC leve; estágio 3 a TFG está entre 30 a 59, sendo considerada IRC Moderada; estágio 4 quando a TFG estaria entre 15 e 29, sendo considerado IRC Grave já com sintomas de síndrome urêmica; e por fim, o paciente pode chegar até o estágio 5 no qual a TFG é menor que 15, sendo necessário diálise ou transplante renal para sobrevivência¹.

A IRC pode ser considerada uma síndrome com diversos efeitos nos sistemas cardiovascular, nervoso, respiratório, musculoesquelético, imunológico e endócrino⁸. Devido esses acometimentos, há a necessidade de uma atuação da equipe multiprofissional, sendo composta pelo médico, fisioterapeuta, enfermeiro, terapeuta ocupacional, assistente social, psicólogo, nutricionista, educador físico, entre outros.

O manejo dessa doença pode ser feito em três fases, sendo que na primeira fase da nefropatia crônica, que corresponde aos estágios 1, 2 e início do 3, as medidas mais importantes, são: prevenir o aparecimento de comorbidades, principalmente as doenças cardiovasculares, e retardar ao máximo a progressão da doença, com medidas preventivas, de controle de pressão arterial (PA) e dietética, restringindo ingestão excessiva de proteína; na segunda fase, que é caracterizada pelo início da Síndrome Urêmica, no final do estágio 3 e no estágio 4, diversas medidas são importantes, porém visando controlar as manifestações dessa síndrome, tal como manter o controle da PA, da anemia e da osteodistrofia renal, iniciar diuréticos em doses mais altas, para auxiliar na eliminação dos líquidos, porém nesse estágio deve-se tomar cuidado com restrição excessiva de sódio, pois a ausência desse eletrólito pode ocasionar hipovolemia; e, por fim, na terceira fase, que engloba a doença renal em fase terminal (estágio 5), onde a TFG é menor que 15 ml/min, creatinina maior que 6 e ureia maior que 120, indicando que há necessidade de substituição renal, como diálise ou transplante renal, deve-se manter controle da dieta, porém nesse estágio visa-se restringir menos a ingestão de proteínas, pois há um risco aumentado do paciente ficar desnutrido, e, além disso, deve-se iniciar reposição de bicarbonato, sulfato ferroso, ácido fólico, eritropoietina e vitamina D, os quais estarão bastante reduzidos^{6,7}.

1.2 Síndrome Urêmica

A síndrome urêmica pode ser definida como um conjunto de sinais e sintomas que aparecem na IRC Grave, onde a TFG < 30 mL/min. Essa síndrome é caracterizada por diversas manifestações, algumas que respondem e outras que não respondem bem à terapia de substituição renal^{6,7}.

Geralmente, muitos pacientes apresentam-se assintomáticos por muito tempo, até que a função renal tenha sido perdida em 80 a 90%, ou seja, os primeiros sintomas da IRC vão aparecer quando a TFG estiver entre 15 a 20 ml/min, já nos estágios mais avançados da DRC^{6,7}.

A medida que ocorre um aumento na perda de néfrons de forma progressiva com a evolução da doença, o nosso organismo lança mão de um sistema de compensação, ou seja, outros néfrons que ainda estão “sadios” tentam compensar a diminuição da filtração dos comprometidos, e para isso ocorre aumento do fluxo sanguíneo no glomérulo e aumento da pressão hidrostática glomerular, resultando em hiperfiltração por parte dos néfrons restantes. Essa hiperfiltração a longo prazo, acarretará em lesão vascular glomerular e futuramente irá evoluir para esclerose glomerular^{6,7}.

Essa lesão glomerular que acontece devido ao sistema de compensação, gera uma inflamação intersticial, liberando moléculas inflamatórias que irão aumentar a permeabilidade da barreira glomerular. À longo prazo, essa inflamação provocará um quadro de fibrose renal^{6,7}.

A síndrome urêmica é caracterizada pela presença de um edema generalizado pela retenção de líquido e eletrólitos, acidose metabólica pela deficiência na reabsorção de bicarbonato, concentrações elevadas de ureia, creatinina, ácido úrico, sulfatos, fosfatos, potássio entre outros, pela deficiência em excretar produtos do metabolismo, distúrbios hormonais, como elevação dos níveis de paratormônio, aumentando o nível cálcio, ocasionando quadros de encefalopatia, cardiomiopatia, anemia e osteodistrofia renal, deficiência de eritropoietina, resultando a anemia urêmica; e deficiência de calcitriol, hormônio responsável pela reabsorção de cálcio para dentro do osso, reduzindo nível de cálcio sanguíneo, ocasionando osteodistrofia renal e miopatias urêmicas^{6,7}.

1.3 Sistema Respiratório

A IRC é caracterizada com uma síndrome acometendo diversos sistemas corporais, e sabe-se que há uma repercussão direta sobre o sistema respiratório, caracterizado por alterações como limitação ao fluxo aéreo, desordens obstrutivas, redução da capacidade de difusão pulmonar, diminuição da *endurance* e força muscular respiratória⁹.

Uma das principais manifestações pulmonares que ocorrem em indivíduos com IRC é o edema agudo de pulmão (EAP), o qual pode ter origem cardiogênica ou não cardiogênica. O EAP cardiogênico ocorre quando o edema pulmonar crônico, já existente na maioria dos pacientes com IRC, associado a hipervolemia e a falha cardíaca, gera um quadro de congestão pulmonar. Já o EAP não cardiogênico é causado pelo aumento da permeabilidade capilar pulmonar, ocorrendo extravazamento de líquidos para dentro do alvéolo. Além disso, outra manifestação importante nessa população é o derrame pleural, que acontece em cerca de 20% dos casos, também devido ao quadro de hipervolemia. As principais consequências desses quadros são: aumento do trabalho respiratório, dispneia e diminuição da relação V/Q, caracterizando a hipoxemia^{6,7}.

Além disso, as alterações respiratórias que ocorrem devido à essa doença estão relacionadas, à hipotrofia muscular de fibras do tipo I e tipo II, à alteração do transporte, extração e consumo de oxigênio, à deficiência de vitamina D, ao catabolismo protéico aumentado e à disfunção do metabolismo energético^{6,7}.

A força muscular respiratória e a função pulmonar de indivíduos com IRC em HD apresentam valores inferiores aos da população em geral, sendo o principal acometimento na força muscular respiratória^{10,11}.

A disfunção pulmonar é considerada um preditor independente de aumento da mortalidade em pacientes com DRC¹². A dispneia é um dos sintomas mais prevalentes nesses indivíduos em HD, o que melhora e geralmente desaparece após uma sessão terapêutica. Este sintoma está correlacionado com a diminuição observada no *drive* neuromuscular¹³.

Na IRC estágio 5, vê-se a necessidade de iniciar o tratamento de escolha substitutivo da função renal, sendo o mais utilizado atualmente, a HD⁵. Avaliando espirometrias obtidas antes da sessão de HD, um estudo observou que há uma correlação negativa da Capacidade Vital Forçada (CVF) e do Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo (VEF1) com o tempo que os pacientes estavam em tratamento hemodialítico, ou seja, quanto maior o período de tempo em HD, menores os valores de CVF e VEF1⁹, e da força muscular

respiratória¹⁴ .

1.4 Sistema Musculoesquelético

Outro sistema bastante acometido e muito estudado atualmente, nesta população, é o sistema musculoesquelético. A perda muscular urêmica desses indivíduos é complexa e progressiva, sendo semelhante à da sarcopenia¹⁵ . A fraqueza muscular é frequentemente relatada pelos pacientes com IRC e este sintoma deve-se ao desequilíbrio hormonal, desnutrição, depleção de trifosfato de adenosina e glicogênio, anemia crônica interferindo no transporte de oxigênio, acidose metabólica e distúrbio eletrolítico, alteração no estilo de vida, perda de massa muscular e fraqueza devido à atrofia de fibras musculares¹⁶ . Esta complicação devastadora não apenas contribui para um estilo de vida sedentário e piora na qualidade de vida, mas também aumenta a ocorrência de complicações cardiovasculares e a morbimortalidade¹⁵ .

Além disso, sabe-se que a diminuição da força muscular desses indivíduos é de causa multifatorial e não está inteiramente esclarecida, porém pode estar relacionada à perda da capacidade de gerar força muscular ou força por unidade de massa (miopatia), redução na capacidade do sistema nervoso central recrutar unidades motoras normais (falha de ativação central) e redução importante na massa muscular (atrofia), tanto como resultado de síntese proteica prejudicada como por aumento do catabolismo proteico¹⁷ .

A sarcopenia é altamente prevalente em pacientes idosos com doença renal terminal e está intimamente associada à marcadores inflamatórios, β 2-microglobulina, depressão e disfunção cognitiva¹⁸ .

Terapias de reabilitação através do exercício físico foram introduzidas nesta população, com o objetivo de reduzir a fraqueza muscular, melhorar a capacidade de exercício e diminuir o risco de desenvolver doença cardiovascular resultante da DRC¹⁹ .

1.5 Sistema Cardiovascular

As doenças cardiovasculares (DCV) representam a principal causa de morbimortalidade nos indivíduos com IRC²⁰ . Estudos revelam que a alta taxa de mortalidade entre os pacientes renais crônicos submetidos à HD está associada principalmente com uma alta prevalência de DCV, sendo as arritmias cardíacas responsáveis pela maior causa de morte súbita nesse grupo²¹ .

Mais de 80% dos pacientes com doença renal em estágio avançado são acometidos pela hipertensão arterial sistêmica²². Vários fatores contribuem na fisiopatologia desse distúrbio em renais crônicos, com destaque para: a retenção de sódio e água, a hiperatividade do sistema nervoso simpático e do sistema renina-angiotensina-aldosterona, o uso de eritropoietina recombinante e o hiperparatireoidismo secundário^{22,23}.

A fisiopatologia da DCV em pacientes com DRC permanece indeterminada. Fatores de risco tradicionais, como hipertensão, diabetes e hiperlipidemia são reconhecidos como mecanismos importantes²⁴, mas não explicam totalmente a alta prevalência de DCV nessa população²⁵.

Fatores de risco não tradicionais, que são encontrados em todo o espectro de DRC, tais como estresse oxidativo, anemia, inflamação, hipertrofia ventricular esquerda e calcificação vascular podem ser responsáveis pela aterosclerose precoce e acelerada encontrada na DRC²⁶. Um sistema nervoso autônomo (SNA) disfuncional também tem sido reconhecido como um mecanismo importante que contribui para o mau prognóstico nessa população²⁵.

1.6 Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

A VFC descreve as oscilações dos intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos (intervalos R-R), sendo uma medida não-invasiva, que pode ser utilizada para identificar fenômenos relacionados ao SNA²⁷.

A VFC é controlada pelo SNA, por meio de barorreceptores, quimioceptores, receptores atriais e ventriculares, sistemas vasomotor, renina-angiotensina-aldosterona e termorregulador²⁸. Ela envolve mecanismos de estímulo e inibição, feitos pelas vias simpáticas e parassimpáticas, como quando ocorre um aumento da frequência cardíaca (FC), onde se tem maior ação simpática e menor atividade parassimpática (inibição vagal)^{29,30}. A VFC vem sendo estudada há vários anos, sendo cada vez maior o interesse pela compreensão de seus mecanismos e de sua utilidade clínica em doenças³¹.

O surgimento de arritmia cardíaca nos pacientes com IRC está associado com a disfunção autonômica evidenciada pela redução na VFC³². A VFC é um método importante de avaliação não-invasiva da integridade da função neurocardíaca³³, e resulta da interação dinâmica entre os vários mecanismos fisiológicos que regulam a FC instantânea. Além disso, as variações da FC proporcionam uma janela para observar o estado e a integridade do SNA,

pois a regulação da FC é predominantemente governada pelos sistemas simpático e parassimpático³⁴.

Uma alta VFC é um sinal de boa adaptabilidade, indicando um mecanismo de controle autonômico íntegro. Já a baixa variabilidade é, frequentemente, um indicador de adaptabilidade insuficiente e anormal do SNA, conseqüentemente, indica maior risco de desenvolver uma DCV³⁵.

Através da análise da VFC, verificou-se que a IRC está associada com aumento do tônus simpático³⁶, e uma baixa VFC²⁵, isso devido diversas manifestações que ocorrem nesses indivíduos, incluindo as micro e macroalbuminúria, diminuição da TFG e a própria doença renal terminal³⁷. Outros fatores também influenciam na baixa modulação autonômica cardíaca, tais como: idade avançada, diabetes mellitus, sedentarismo, hipertensão arterial, baixos níveis de HDL e altos níveis de Proteína C-reativa³⁸.

Um estudo de coorte de pacientes com DRC, múltiplos fatores de risco para doenças renais e cardiovasculares, incluindo idade avançada, diabetes, fósforo e hemoglobina A1c elevados, e menor TFG estimada, estiveram associados à menor VFC. Menor SDNN e RMSSD foram associados com risco aumentado de desfechos renais e cardiovasculares e mortalidade por todas as causas, independente da demografia, TFG estimada e proteinúria³⁹.

Determinados fármacos utilizados nas doenças cardiovasculares apresentam influência direta sobre a VFC. Os betabloqueantes, os inibidores da enzima de conversão da angiotensina e os antagonistas dos receptores da angiotensina aparentemente melhoram o balanço simpático-vagal nos indivíduos com insuficiência cardíaca. Os bloqueadores dos canais de cálcio parecem favorecer a atividade vagal em indivíduos com insuficiência cardíaca, hipertensão arterial e com disfunção endotelial. A maioria dos fármacos utilizados como antiarrítmicos parecem diminuir a variabilidade cardíaca, o que pode estar relacionado com os casos de morte súbita por vezes verificados⁴⁰.

1.6.1 Análise da VFC

Existem várias maneiras de quantificar a VFC, incluindo a análise linear no domínio do tempo (DT) e no domínio da frequência (DF), análise geométrica e não-linear, por meio da teoria do caos.

A análise linear no DT mede intervalos R – R (iR-R) normais. Várias medições são calculadas a partir desses intervalos, incluindo: desvio padrão da média dos iR-R normais

(SDNN), representando a variabilidade global correspondendo a efeitos simpáticos e parassimpáticos; a porcentagem de iR-R adjacentes que diferem pela duração maior que 50 milissegundos (pNN50), e a raiz quadrática das diferenças médias do quadrado entre os iR-R habituais adjacentes (RMSSD). As variáveis RMSSD e pNN50 estão relacionados apenas ao comportamento parassimpático, enquanto o SDNN reflete todos componentes responsáveis pela variabilidade²⁷.

As medidas no DF, calculadas utilizando a Transformada Rápida de Fourier, incluem os componentes espectrais de muito baixa frequência (MBF) ($< 0,04\text{Hz}$), que ainda não está bem elucidada pela literatura, porém acredita-se que pode estar relacionada ao sistema renina-angiotensina-aldosterona, termorregulação e tônus vasomotor periférico²⁷; a banda de baixa frequência (BF) (0,04-0,15 Hz), que é decorrente da ação conjunta do componente vagal e simpático sobre o coração (50 e 25%, respectivamente)⁴¹ e o componente de alta frequência (AF) (0,15 a 0,40 Hz), que é um indicador da modulação do nervo vago sobre o coração e se relacionam com as vias respiratórias parassimpáticas²⁷, e a razão entre estes componentes (BF/AF), que podem ser vistos como balanço simpatovagal, porém essa visão ainda é controversa^{27,41}.

Além disso, outra possibilidade de analisar os iR-R é a partir de métodos geométricos, como o índice triangular RR, a interpolação triangular do iR-R (TINN), e o gráfico de Poincaré, através de análise quantitativa (SD1, SD2 e a razão entre eles – SD1/SD2) e qualitativa (análise da figura criada). Os iR-R são apresentados em padrões geométricos. O índice triangular (RRtri index) é calculado a partir da construção de um histograma de densidade dos iR-R normais. A união dos pontos das colunas do histograma forma uma figura semelhante a um triângulo e a largura da base deste triângulo expressa a variabilidade dos iR-R. O índice triangular pode ser calculado dividindo-se a área e a altura do triângulo^{30,42}.

O índice TINN consiste na largura da linha de base da distribuição medida como uma base do triângulo, aproximando-se da distribuição do intervalo NN (o mínimo da VFC)³⁰, sendo a diferença nos quadrados mínimos utilizados para determinar o triângulo²⁷. O RRtri index e o TINN expressam a variabilidade global dos iR-R²⁷.

As técnicas tradicionais de análise da VFC nos DT e DF muitas vezes não são suficientes para caracterizar a dinâmica complexa do batimento cardíaco, pois os mecanismos envolvidos na regulação cardiovascular provavelmente interagem entre si de maneira não linear. Já existem dezenas de técnicas para avaliação não linear da VFC. Esse tipo de análise,

no domínio não-linear, fornece informações muito úteis para caracterizar o balanço autonômico adequado e é um marcador mais confiável de complicações e mortalidade em pacientes com doença cardiovascular⁴³.

Para análise não-linear da VFC, incluem os componentes do plot de Poincaré SD1, SD2 e a razão entre eles (SD1/SD2), Entropia aproximada (ApEn) e a Entropia da Amostra (SampEn), a Entropia de Shannon (ShanEn), a Análise de Flutuação Retificada (DFA – alpha 1), os componentes dos métodos baseados em Recorrência (comprimento médio e máximo das linhas diagonais – Lmean e Lmax, respectivamente, e taxa de recorrência REC), e por fim, para a Entropia Multiescalar 1, 5, 10, 15 e 20 (MSE 1-20).

O plot de Poincaré é um mapa de pontos em coordenadas cartesianas, construído a partir dos valores dos iR-R obtidos, onde cada ponto é representado no eixo x (abscissa) pelo iR-R normal precedente e, no eixo y (ordenada), pelo iR-R seguinte. Para análise quantitativa do plot, ajusta-se uma elipse aos pontos do gráfico, com centro determinado pela média dos iR-R, e são calculados os índices SD1, que mede o desvio-padrão das distâncias dos pontos à diagonal $y = x$, e SD2 que mede o desvio-padrão das distâncias dos pontos à reta $y = -x + RR_m$, onde RR_m é a média dos iR-R. O SD1 é um índice de registro instantâneo da variabilidade batimento a batimento e representa a atividade parassimpática, enquanto que o índice SD2 representa a VFC em registros de longa duração, e reflete a variabilidade global. A relação de ambos (SD1/SD2) mostra a razão entre as variações curta e longa dos iR-R^{31,42}.

A análise qualitativa do plot é realizada por meio da análise das figuras formadas pelo seu atrator, as quais foram classificadas como: um plot normal quando a figura apresentar um aumento da dispersão da RR; e um gráfico com baixa variabilidade quando a figura apresentasse com menor dispersão global batimento a batimento e sem um aumento na dispersão da RR no longo prazo⁴⁴ (Figura 1).

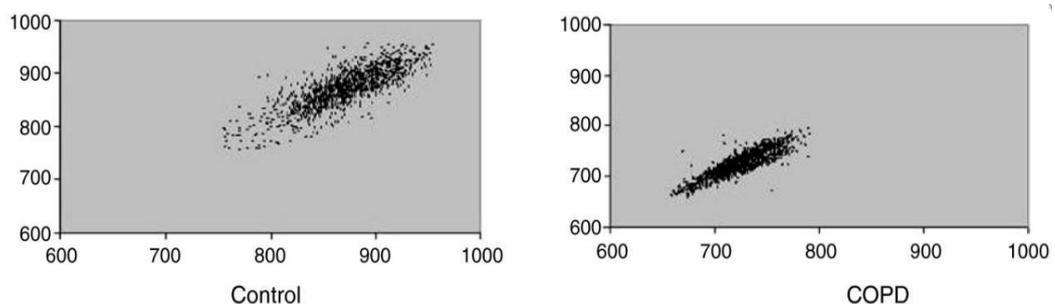


Figura 1. Padrão visual do plot de Poincaré nos indivíduos controle (SD1 = 15,5 e SD2 = 47,6) e DPOC (SD1 = 8,0 e SD2 = 30,3). Sugere redução da atividade parassimpática em indivíduos com DPOC⁴⁵.

Em relação às entropias, quando a ApEn e SampEn apresentam valores mais baixos, correspondem a maior regularidade ou periodicidade da série temporal, o que diferente da

ShanEn, que correlaciona-se com o determinismo, ou seja, quanto maiores valores dessa medida, menor será a variabilidade, indicando um sistema fisiológico comprometido^{43,46}. A ApEn detecta as mudanças ocorridas em uma série temporal experimental, com valor maior correspondendo à maior complexidade ou irregularidade nos dados. A SampEn é muito similar a ApEn, mas há uma diferença computacional entre ambas. A importância deste índice na análise de séries temporais da VFC reside no fato de que ela é uma medida da desordem existente na série, apresentando valores maiores para os sinais cardíacos de sujeitos saudáveis e valores menores para sinais cardíacos de indivíduos com alguma deficiência cardíaca⁴⁷.

A técnica de DFA determina as propriedades de curto prazo e auto-semelhantes das séries temporais do iR-R. Em geral, são considerados dois componentes como parte deste índice α , o curto prazo (α_1) envolvendo correlações de 4 a 16 batimentos cardíacos, e longo prazo (α_2) envolvendo de 16 a 64 batimentos⁴³. O ruído gaussiano branco (um sinal totalmente aleatório) é refletido em um valor de 0,5, enquanto um valor de 1,5 indica um sinal de ruído browniano. Os valores do componente Alfa1 de aproximadamente 1,0 são aqueles que indicam maior proximidade ao comportamento fisiológico normal³⁰. Essa técnica é usada para medir a presença ou ausência de propriedades de correlação fractal. Com a ajuda deste método, é possível detectar a ocorrência de auto-similaridade intrínseca em certos tipos de escalas de tempo não-estacionárias⁴⁸. As correlações de longo prazo correspondem à modulação simpática, enquanto as correlações de curto prazo devem corresponder à modulação simpática e vagal⁴⁹.

Eckmann *et al.*⁵⁰ foram os primeiros a relatarem recorrência em um espaço de fase que foi denominado Plot de Recorrência (PR). Para a construção de PRs, é necessário uma série temporal gerada por um experimento ou simulação numérica em um computador. Sua construção é muito simples, baseando-se em um quadrado no qual tanto o eixo "x" quanto o eixo "y" contêm os elementos da série temporal, organizados sequencialmente do primeiro ao último. A partir disso, de acordo com os intervalos de valores presentes entre medições (dimensão) e distâncias ou intervalos de tempo (raio), pode-se verificar se existem ou não valores de recorrência^{51,52}. O uso de diferentes cores representando diferentes raios complementa a aparência visual característica do gráfico⁵³.

As distribuições de pontos de recorrência e linhas diagonais ao longo da diagonal principal fornecem uma avaliação da similaridade das trajetórias do espaço de fase de ambos os sistemas⁵¹.

Esta técnica define várias medidas baseadas principalmente em linhas orientadas na diagonal no PR, sendo as principais: taxa de recorrência (REC), L_{mean} e $L_{máx}$.

A REC é a razão de todos os estados recorrentes (pontos de recorrência) para todos os estados possíveis e é, portanto, a probabilidade da recorrência de um determinado estado. O comportamento estocástico causa diagonais muito curtas, enquanto o comportamento determinístico causa diagonais mais longas. Estruturas diagonais mostram o intervalo em que uma parte da trajetória é bastante próxima a outra em um tempo diferente. O comprimento diagonal é o intervalo de tempo em que eles estarão próximos um do outro e sua média pode ser interpretada como o tempo médio de previsão. Os sistemas estacionários fornecerão PRs bastante homogêneos, enquanto os sistemas não estacionários causam mudanças na distribuição dos pontos de recorrência no gráfico visíveis pelas áreas iluminadas⁵¹. Portanto, quanto maiores valores das medidas do PR e quanto mais homogêneo (linear) for as distribuições das linhas diagonais no PR, determinará um estado fisiológico comprometido.

A figura 2 demonstra os PRs realizados com as séries temporais: aleatórias, caóticas, periódicas e lineares obtidas por formulação matemática⁵². Podemos observar a homogeneidade das linhas diagonais existente no gráfico linear.

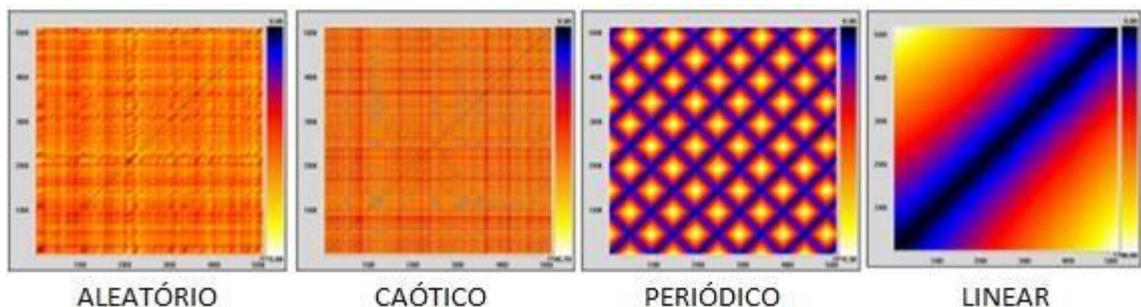


Figura 2: Plots de Recorrência: aleatório, caótico, periódico e linear⁵².

Além disso, podemos observar os principais PRs de séries temporais clínicas para comparar os padrões de comportamento de adultos jovens (séries temporais caóticas), crianças, recém-nascidos prematuros (séries temporais tendendo a linearidade) e pacientes com morte encefálica (séries temporais lineares)⁵².

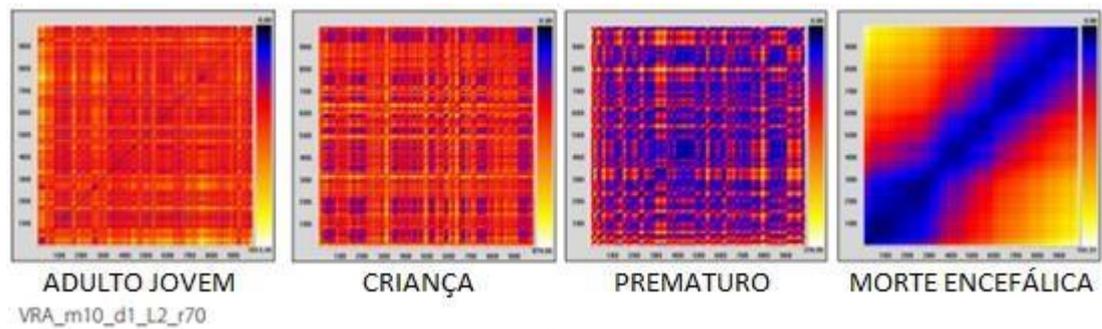


Figura 3: Plots de Recorrência de séries temporais clínicas⁵².

Por fim, a MSE apresenta o objetivo principal de vincular a complexidade de uma dinâmica às suas escalas de tempo. O MSE é principalmente um procedimento iterativo que seleciona, em qualquer etapa, um intervalo de escalas de tempo e calcula sua complexidade⁵³. Esta entropia parece produzir uma abordagem mais significativa do que as medidas de entropia convencionais, por se basear na simples observação de que sistemas físicos e biológicos complexos geralmente exibem dinâmicas que estão longe dos extremos de regularidade perfeita e aleatoriedade completa. De acordo com o tempo, a MSE apresenta-se maior em indivíduos saudáveis⁵⁴.

2 ARTIGO

EFEITOS RESPIRATÓRIOS, MUSCULARES E AUTONÔMICO DO PROTOCOLO FISIOTERAPÊUTICO REALIZADO DURANTE HEMODIÁLISE EM INDIVÍDUOS COM INSUFICIÊNCIA RENAL CRÔNICA

Mayara Simões, PT^{1*}

Marilita Falângola Accioly, PT, PhD²

1 Programa de Pós Graduação em Fisioterapia. Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal do Triângulo Mineiro.

2 Professora Doutora. Departamento de Fisioterapia Aplicada, Universidade Federal do Triângulo Mineiro.

Autor correspondente*: Mayara Simões; Avenida Getúlio Guaritá, 159, 38025-440, Uberaba, Minas Gerais, Brasil; Telefone: (34) 3312-2215; E-mail: mayara_simoes_13@hotmail.com

Acesso dos dados e responsabilidade: A autora principal, Mayara Simões, teve total acesso aos dados do estudo e assume responsabilidade pela integridade e acurácia da análise dos dados.

Potencial conflito de interesse: Nenhum.

Suporte Financeiro: Nenhum.

Este artigo segue as normas da revista "Nephrology Dialysis Transplantation", para qual será submetido.

Introdução

A Doença Renal Crônica consiste em lesão renal e perda progressiva e irreversível da função dos rins. Quando em fase mais avançada é denominada de Insuficiência Renal Crônica (IRC)¹. A IRC pode ser considerada uma síndrome com diversos efeitos nos sistemas cardiovascular, nervoso, respiratório, musculoesquelético, imunológico e endócrino².

A quantidade de pacientes com IRC em todo o mundo vem aumentando exponencialmente, gerando um importante problema de saúde pública. Segundo o último censo da Sociedade Brasileira de Nefrologia (2016)³, o número de pacientes em hemodiálise (HD), no Brasil, elevou-se de 91.314 para 122.825, nos últimos cinco anos. A IRC produz repercussão direta sobre o sistema respiratório, caracterizado por alterações como limitação ao fluxo aéreo, desordens obstrutivas, redução da capacidade de difusão pulmonar, diminuição da *endurance* e da força muscular respiratória⁴.

Outro sistema fisiológico bastante acometido nesta população é o sistema musculoesquelético. A perda muscular urêmica desses indivíduos é complexa e progressiva, sendo semelhante à da sarcopenia⁵. A fraqueza muscular é um sintoma comum e deve-se a fatores como desequilíbrio hormonal, desnutrição, anemia crônica, alteração no estilo de vida, perda de massa muscular e fraqueza devido à atrofia de fibras musculares⁶. Esta complicação devastadora não apenas contribui para um estilo de vida sedentário e piora na qualidade de vida, mas também aumenta a ocorrência de complicações cardiovasculares e a morbimortalidade⁵.

As complicações cardiovasculares são prevalentes entre os indivíduos com IRC em diálise⁷, representando a principal causa de morbi-mortalidade nessa população⁸. As arritmias cardíacas são as principais complicações responsáveis pelo aumento da incidência de morte súbita nesse grupo⁹.

O surgimento de arritmia cardíaca nos pacientes com IRC está associado com a disfunção autonômica evidenciada pela redução na Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)¹⁰. A análise da VFC dessa população evidencia hiperatividade simpática persistente¹¹, e redução da atuação parassimpática no coração¹². Essa redução da VFC é devida as diversas manifestações que ocorrem nesses indivíduos, incluindo micro e macroalbuminúria, diminuição da taxa de filtração glomerular e a própria doença renal terminal¹³. Outros fatores também influenciam na baixa modulação autonômica cardíaca, tais como: idade avançada,

diabetes mellitus, sedentarismo e hipertensão arterial¹⁴.

A implementação de um programa de reabilitação para esses indivíduos é efetivo, seguro e viável, independente do estágio da doença¹⁵, graças aos benefícios esperados como melhora da qualidade de vida, preservação da autonomia, redução de complicações cardiovasculares e morbimortalidade, além de um melhor prognóstico para essa população^{16,17}.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi analisar se o protocolo fisioterapêutico proposto durante a HD aumenta a força de extensores de joelho, de preensão palmar e da musculatura respiratória, a função pulmonar, a capacidade funcional, e se modifica a modulação autonômica da frequência cardíaca (FC), dos indivíduos com IRC em HD.

Materiais e Métodos

Desenho do Estudo

Trata-se de uma série de casos, quase-experimental no qual os participantes atuaram como seus próprios controles, prospectivo, de natureza quantitativa. Os desfechos foram obtidos antes e após o período de intervenção de oito semanas (Figura 1).

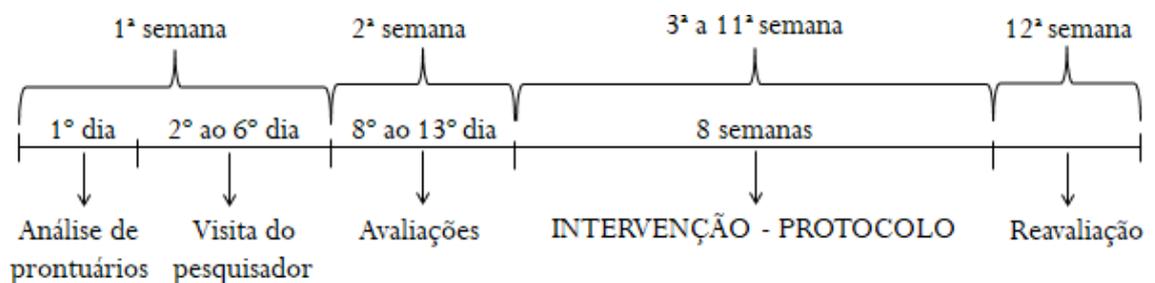


Figura 1: Delineamento do estudo

O estudo foi aprovado no Comitê de ética da instituição (1.941.876) e pelo Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (RBR-653hw7).

Participantes

Foi realizado recrutamento dos participantes através da revisão de prontuários e visita ao setor de HD existente em dois hospitais do município de Uberaba-MG.

Inicialmente, foram selecionados todos os indivíduos que apresentavam diagnóstico clínico de IRC estágio 5¹, e estavam em tratamento hemodialítico por, pelo menos, três meses. Não participaram do estudo indivíduos tabagista ou etilista, com histórico de infarto agudo do

miocárdio ou insuficiência cardíaca, com marcapasso cardíaco, deficiência visual e/ou intelectual grave, e amputações ou desordens incapacitantes de membros inferiores.

Os critérios de exclusão foram: instabilidade hemodinâmica em repouso, persistente, caracterizada por pressão arterial sistólica maior que 180 ou menor que 90 mmHg, pressão arterial diastólica maior que 100 ou menor que 50 mmHg, e/ou FC maior que 120 ou menor que 60 bpm; desordens musculares; internações hospitalares durante a execução da pesquisa; alteração do local de HD; e adesão ao protocolo inferior a 70%. Totalizou-se, portanto, uma amostra de onze participantes. As características demográficas dos participantes estão demonstradas na Tabela 1, e o fluxograma da seleção dos participantes está descrito na Figura 2.

Tabela1: Características demográficas dos participantes com Insuficiência Renal Crônica em hemodiálise.

Variáveis	Participantes com IRC (n = 11)
Sexo (%)	63,6% ♂ e 36,3% ♀
Idade, média (DP), anos	49 (8,6)
Tempo de tratamento hemodialítico, média, meses	32
Peso, média (DP), kg	69,4 (11,17)
Altura, média (DP), m	1,69 (0,07)
IMC, média (DP), kg/m ²	24,3 (3,18)
Comorbidades (%)	81,8% HAS; (n=9)
	27,3% DM tipo II (n=3)
	18,2% Asma/bronquite (n=2)
	18,2% Tuberculose prévia (n=2)

%; porcentagem; DP: desvio padrão; Kg: quilograma força; Kg/m²: quilograma por metro quadrado; ♂: sexo masculino; ♀: sexo feminino; HAS: hipertensão arterial sistêmica; DM: diabetes mellitus.

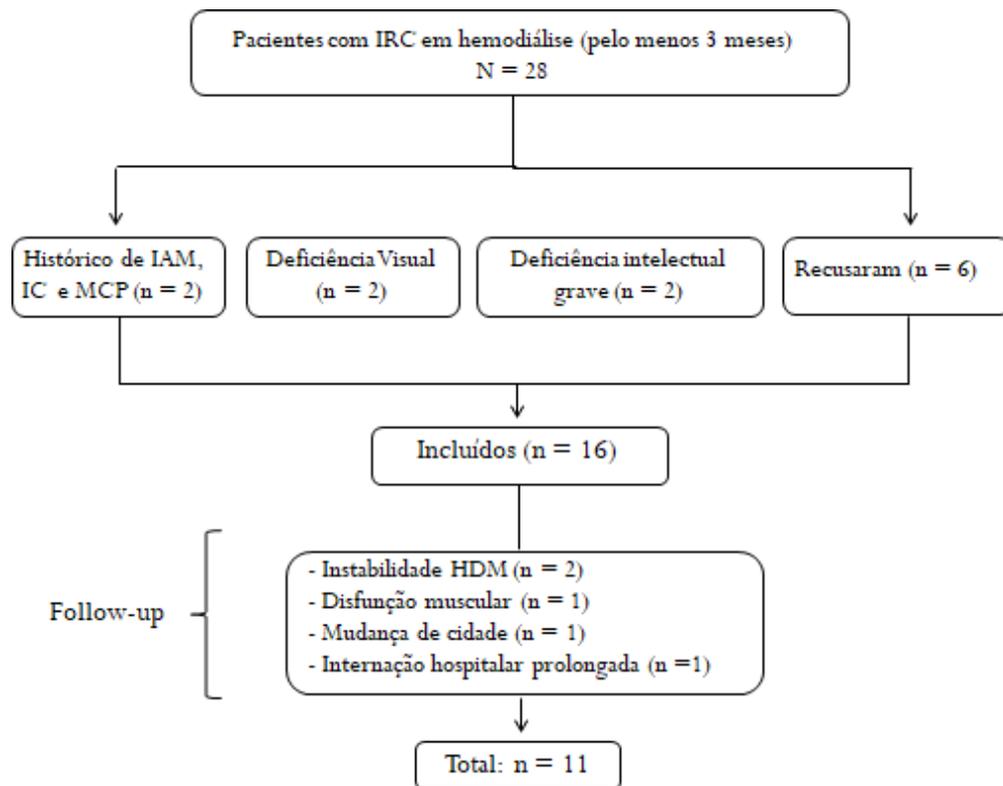


Figura 2: Fluxograma da seleção dos participantes do estudo; IRC: Insuficiência Renal Crônica; IAM: infarto agudo do miocárdico; IC: Insuficiência cardíaca; MCP: marcapasso cardíaco; HDM: hemodinâmica.

Procedimentos

As avaliações foram realizadas uma hora antes do início da HD. Algumas orientações foram realizadas aos participantes, como vestimenta adequada (roupas leves), calçado confortável (tênis), alimentação balanceada pelo menos duas horas antes do teste, não ingerir bebidas estimulantes como chá e café, e não realizar atividade física extenuante.

Protocolo Experimental

O protocolo foi realizado três vezes por semana, durante oito semanas, totalizando 24 sessões, com duração média de 60 minutos, cada.

Inicialmente, e durante a intervenção foram aferidos os sinais vitais dos participantes. O protocolo proposto foi constituído de:

- exercícios respiratórios: com inspirômetro de incentivo à fluxo e θ treinador muscular inspiratório. A carga, do treinador muscular inspiratório, foi progredida a cada duas semanas, em 10%, começando com 10% do valor da pressão inspiratória máxima (PIM), chegando a 40% do valor da PIM nas duas últimas semanas. Foram realizados três séries de 10 repetições, tendo 30 segundos de descanso entre as séries e um minuto entre os aparelhos. Tempo total de 15 minutos.

- exercício aeróbico: com o uso de um cicloergômetro de membros inferiores e intensidade do esforço baseada na escala de Borg modificada¹⁸. Sendo dividido em três etapas: aquecimento (cinco minutos, Borg entre 2 e 3); condicionamento (10 minutos, Borg entre 4 e 7), e desaquecimento (cinco minutos, Borg 0 a 2).

- eletroestimulação com a corrente elétrica RUSSA associada a exercício resistido de membro superior e inferiores: Os parâmetros utilizados da corrente RUSSA foram: modo: sincrônico, Frequência: 50Hz, Tempo ON e OFF: 6 segundos cada, Tempo de subida e descida: 2 segundos cada, Intensidade: maior suportável pelo paciente, atingindo o limiar motor. Durante o movimento foi utilizado a tornoeleira ou halter, sendo que a carga progredia a cada duas semanas, em 1kg, começando com 1 kg, e terminando com 4kgs nas duas últimas semanas do protocolo. Foram realizados três séries de dez repetições, tendo dois minutos de descanso entre as séries. Foram estimulados os músculos reto femoral, vasto medial e lateral, sendo utilizados dois canais de eletrodos (face lateral e medial da coxa), ambos com um eletrodo a nível proximal (no ponto motor) e um distal do músculo (dois centímetros do polo superior da patela). Além disso, o musculo bíceps braquial foi estimulado, e para isso foi utilizado um canal de eletrodo, mantendo um eletrodo a nível proximal, no ponto motor, e outro a nível distal (três centímetros acima da linha articular do cotovelo). O tempo aproximado foi de 20 minutos.

Desfechos do estudo

Foram analisados os seguintes desfechos: força muscular de extensores de joelho e de preensão palmar; força muscular respiratória; função pulmonar; capacidade funcional e modulação autonômica da FC.

Força muscular de extensores de joelho

Analisada pela dinamometria dos extensores de joelho, por meio do dinamômetro digital portátil da marca LAFAYETTE[®]. O teste foi realizado de acordo com a técnica utilizada por Schardong *et al*¹⁹, sendo registrado o valor de pico da força isométrica máxima. A manobra foi repetida por três vezes em ambas as pernas, sendo registrado o valor máximo.

Força de preensão palmar

Foi realizado a dinamometria de preensão palmar, através do dinamômetro da marca JAMAR[®]. O participante permaneceu na posição sentada, e foi solicitado que realizasse a maior força possível, apertando o dinamômetro, mantendo a contração por três a cinco segundos. O dinamômetro se encontrava na posição dois para as mulheres e três para os homens. A aferição foi realizada com o membro contralateral a fístula funcionante. A medida foi repetida três vezes, registrando o maior valor²⁰.

Força muscular respiratória

A força dos músculos respiratórios foi avaliada por meio da manovacuometria utilizando um manovacuômetro analógico (Instrumentation Industries[®]), conectado a um bocal, que mede pressões de 0 a +120 cmH₂O para pressões expiratórias e de 0 a - 120 cmH₂O para pressões inspiratórias, seguindo as normas da *American Thoracic Society*²¹. Foram realizadas três manobras aceitáveis, sendo o valor médio registrado.

Função pulmonar

Foi utilizada a espirometria através de um espirômetro portátil digital modelo DatoSpir – Micro C (marca SIBELMED[®]). Foram analisadas as variáveis de Capacidade Vital Forçada (CVF) e Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo (VEF1), e para obtenção dessas variáveis, a técnica utilizada seguiram as normas da *American Thoracic Society*²².

Modulação autonômica da FC

Para análise da VFC, foi feita a captação dos intervalos RR instantâneos através de um cardiofrequencímetro da marca Polar, modelo RS800CX (Polar, Kempele, Finland), que consiste em uma cinta peitoral transmissora colocada no terço distal do esterno, a partir do qual os dados foram transmitidos para um sensor de pulso. Esta metodologia foi validada e demonstrou resultados precisos e confiáveis²³.

A coleta foi realizada antes da sessão de HD, enquanto os mesmos respiravam espontaneamente na posição sentada em repouso, mantendo-se em vigília, sem conversar e com movimentos mínimos, durante 15 minutos. Sendo precedida por 10 minutos de silêncio para garantir que os participantes estivessem suficientemente relaxados antes do início da captação dos intervalos RR (i R-R).

Metodologia de análise da VFC

A FC batimento a batimento foi registada e digitalizada a 1000Hz e importada para o Polar Software Precision Performance SW (versão 4.01.029; Polar). Os dados foram então submetidos a filtragem, realizada no próprio software. Este programa é capaz de identificar batidas ectópicas ocasionais (irregularidades no ritmo cardíaco envolvendo extrasístoles e pausa compensatória consecutiva) e substituir estes com valores de iR-R adjacentes interpolados.

Para a análise dos índices de VFC, foram utilizados 1.000 iR-R obtidos do trecho mais estável do traçado. Os intervalos foram filtrados digitalmente para eliminar artefatos de acordo com o protocolo T-RR filter²⁴. Apenas séries temporais com menos de 5% de artefatos foram incluídas para análise.

A análise da VFC foi então realizada utilizando o Software de Análise HRV Kubios Premiun (Biosignal Analysis and Medical Image Group, University of Eastern Finland, Kuopio, Finland)²⁵, sendo realizadas as análises linear e não linear.

Análise Linear da VFC

A análise da VFC, no domínio do tempo (DT), incluiu a média do iR-R normal (mean RR), o desvio padrão da média dos iR-R normais (SDNN), a porcentagem de iR-R adjacentes que diferem pela duração maior que 50 milissegundos (ms) (pNN50), e a raiz quadrática das diferenças médias do quadrado entre os iR-R habituais adjacentes (RMSSD), em ms.

As medidas no domínio da frequência (DF), calculadas em milissegundos ao quadrado (ms^2) e utilizando a Transformada Rápida de Fourier, incluíram os componentes espectrais de muito baixa frequência (MBF) ($< 0,04\text{Hz}$), banda de baixa frequência (BF) (0,04-0,15 Hz), e o componente de alta frequência (AF) (0,15 a 0,40 Hz), além da razão entre estes componentes (BF/AF).

Utilizou-se, também, os métodos geométricos, como o índice triangular RR e a interpolação triangular do histograma do intervalo NN (TINN). Esses índices foram analisados em unidades absolutas (ms).

Análise Não-Linear da VFC

Para análise não-linear da VFC, incluíram os componentes do gráfico de Poincaré SD1, SD2, Entropia aproximada (ApEn) e a Entropia da Amostra (SampEn), a Análise de Flutuação Detrended (DFA – alpha 1), os componentes dos métodos baseados em Recorrência

(comprimento médio e máximo das linhas diagonais – Lmean e Lmax, respectivamente, e taxa de recorrência REC), a Entropia de Shannon (ShanEn), e por fim, a Entropia Multiescalar 1, 5, 10, 15 e 20 (MSE 1-20).

Capacidade funcional

Foi realizado o Teste de caminhada de seis minutos (TC6'), que é um teste submáximo da capacidade funcional, seguindo as recomendações da Sociedade Torácica Americana²⁶. Foi registrada a máxima distância percorrida durante os seis minutos.

Análise Estatística

Não foi realizado o cálculo amostral devido à amostra ser do tipo intencional por maximização dos participantes. Para a análise estatística, inicialmente, foi realizado o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade da distribuição dos dados obtidos. As variáveis que obtiveram $p > 0,05$ foram analisadas através do teste T de *Student*, para amostras pareadas. Já as variáveis que obtiveram $p < 0,05$, foram analisadas pelo teste não paramétrico de *Wilcoxon*.

O nível de significância estabelecido para os testes foi de 5% ($p < 0,05$). Quanto as variáveis numéricas foram realizadas medidas de tendência central e dispersão (desvio padrão e média). Quanto as variáveis categóricas foram avaliadas em porcentagem relativa absoluta.

Todas as variáveis foram complementadas com medidas do tamanho do efeito (d de Cohen: pequeno, $d = 0$ a $0,2$; médio, $d = 0,2$ a $0,5$; grande, $d = 0,5$ a $0,8$; e muito grande $> 0,8$), e o poder do teste foi calculado através do software GPower 3.0.10.

Resultados

Os resultados relacionados a função pulmonar, força muscular respiratória, periférica (força de quadríceps), e de preensão palmar, e o condicionamento físico, antes e após o protocolo proposto, estão dispostos na Tabela 2. A média de todas essas variáveis foi maior após o tratamento, exceto CVF que manteve o valor pré protocolo. As variáveis de pressão expiratória máxima (PEM) (Cohen's $d = 0,59$), força de preensão palmar (Cohen's $d = 0,52$), força de quadríceps esquerdo (Cohen's $d = 0,77$), e da distância percorrida pelo TC6' (Cohen's $d = 0,83$), obtiveram aumento estatisticamente significantes, e apresentaram grandes a muito grande tamanhos de efeito.

Para os valores de VEF1, CVF, PIM e força de quadríceps direito, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas, embora o poder estatístico dessas

variáveis foram considerados entre médio e grande.

Tabela 2: Variáveis analisadas pré e pós intervenção em indivíduos com Insuficiência Renal Crônica em hemodiálise:

	Variável	Média (DP)		Análise Estatística		p-valor
		ANTES	DEPOIS	TAMANHO DO EFEITO	PODER DO TESTE	
Espirometria (L/seg)	VEF1	3,06 (0,86)	3,19 (0,97)	0,14	0,57	0,472
	CVF	4,32 (1,11)	4,32 (1,27)	0,01	0,97	0,979
Manovacuometria (cmH ₂ O)	PIM	-90,45 (38,23)	-94,54 (27,33)	0,12	0,69	0,663
	PEM	102,72 (29,44)	120 (29,32)	0,59	0,53	0,012*
Dinamometria de preensão palmar (kgF)	Força muscular global	31,09 (9,12)	36 (9,93)	0,52	0,60	0,001*
Dinamometria de quadriceps direito (kgF)	Força de quadríceps direito	45,4 (11,69)	50,57 (20,53)	0,32	0,55	0,395
Dinamometria de quadriceps esquerdo (kgF)	Força de quadríceps esquerdo	44,64 (9,25)	53,62 (14,33)	0,77	0,52	0,025*
Teste de Caminhada de 6 minutos (m)	Distância percorrida pelo TC6'	385,09 (91,57)	462,54 (95,03)	0,83	0,39	0,009*

L/seg: litros por segundos, cmH₂O: centímetros de água; Kgf: kilograma força; m: metros; VEF1: volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF: Capacidade Vital Forçada; PIM: Pressão Inspiratória Máxima; PEM: Pressão Expiratória Máxima; TC6': teste de caminhada de seis minutos. *: diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$). Test T pareado (amostras paramétricas) e Teste de Wilcoxon (amostra não paramétrica). Tamanho do efeito de Cohen.

Quanto à análise linear da VFC, no DT pode-se observar que houve aumento de todas as variáveis analisadas, indicando que houve melhora da resposta parassimpática no coração. No DF, as bandas de MBF, BF e a razão BF/AF apresentaram aumento após o período de realização do protocolo, porém a banda de AF apresentou redução dos seus valores, caracterizando que a atividade parassimpática foi reduzida durante esse período de tempo. A única variável que obteve significância estatística foi o índice triangular RR ($p = 0,037$) (Tabela 3).

As medidas de domínio não linear da VFC, incluindo o componente SD1, SD2, não obtiveram resultados estatisticamente significativos, embora tenham aumentado após intervenção. As entropias ApEn e SampEn apresentaram redução dos valores obtidos. O valor do componente alfa1 do DFA obteve-se próximo ao valor considerado normal ($= 1$)²⁷ tanto antes quanto após o protocolo. Da mesma forma, o Lmáx, a taxa de REC e a ShanEn, foram mais elevados após o treinamento. Porém, apenas o Lmáx obteve aumento estatisticamente significativo ($p = 0,044$). Por último, na análise da MSE1-20 apresentou aumento após a realização do protocolo proposto somente nas variáveis 5, 10 e 15 (Tabela 3).

Tabela 3: Análise Linear e Não Linear da Variabilidade da Frequência Cardíaca, antes e depois do protocolo fisioterapêutico intra-dialítico:

VFC	MÉDIA (DP)		Análise Estatística		p-valor
Análise Linear - Domínio do Tempo	ANTES	DEPOIS	TAMANHO DO EFEITO PODER DO TESTE		
Mean RR (ms)	777,28 (153,43)	763,87 (93,98)	-0,11	0,69	0,663
RMSSD (ms)	14,49 (13,14)	16,46 (11,4)	0,16	0,57	0,477
PNN50 (%)	3,22 (8,06)	4,12 (10,11)	0,10	0,27	0,263
SDNN index (ms)	21,04 (12,89)	29,64 (15,04)	0,62	0,52	0,117
RR tri index	5,69 (3,19)	7,39 (3,19)	0,53	0,53	0,037*
TINN (ms)	119,54 (60,71)	184,27 (108,67)	0,76	0,51	0,092
Análise Linear - Domínio da Frequência					
MBF (ms ²)	298,62 (240,38)	627,50 (698,71)	0,70	0,51	0,119
BF (ms ²)	184,11 (283,02)	370,51 (374,53)	0,56	0,50	0,328
AF (ms ²)	50,90 (96,86)	28,56 (29,4)	-0,35	1,00	1,000
BF/AF (ms ²)	9,41 (10,69)	16,9 (17,95)	0,52	0,32	0,182
Análise Não-linear					
SD1 (ms)	10,25 (9,29)	11,64 (8,09)	0,16	0,50	0,477
SD2 (ms)	30,38 (16,58)	43,71 (22,80)	0,68	0,52	0,106
ApEn	1,16 (0,24)	1,05 (0,23)	-0,47	0,51	0,212
SampleEn	1,17 (0,33)	1,04 (0,37)	-0,37	0,54	0,372
DFA1	1,19 (0,25)	1,28 (0,35)	0,30	0,58	0,475
Lmean (batimentos)	26,06 (19,69)	25,98 (12,13)	-0,01	0,79	0,790
Lmax (batimentos)	422,36 (223,87)	653,54 (293,53)	0,89	0,52	0,044*
REC (%)	46,91 (11,37)	49,85 (13,63)	0,24	0,62	0,554
ShanEn	3,86 (0,60)	3,95 (0,32)	0,20	0,69	0,651
MSE-1	1,17 (0,33)	1,04 (0,37)	-0,37	0,54	0,372
MSE-5	1,21 (0,30)	1,27 (0,34)	0,19	0,66	0,608
MSE-10	1,24 (0,34)	1,38 (0,41)	0,37	0,51	0,221
MSE-15	1,22 (0,29)	1,38 (0,45)	0,43	0,50	0,162
MSE-20	1,42 (0,43)	1,41 (0,55)	-0,02	0,96	0,964

Mean RR: média dos intervalos RR; RMSSD: raiz quadrática das diferenças médias do quadrado entre os intervalos RR habituais adjacentes; pNN50: porcentagem de intervalos RR adjacentes que diferem pela duração maior que 50 milissegundos; SDNN index: desvio padrão da média dos intervalos RR normais; RR tri index: índice triangular RR; TINN: interpolação triangular do histograma do intervalo NN; MBF: muito baixa frequência; BF: baixa frequência; AF: alta frequência; BF/AF: razão baixa frequência sobre alta frequência; SD1: variabilidade rápida de batimento a batimento; SD2: variabilidade longa de batimento a batimento; ApEn: Entropia Aproximada; SampleEn: Entropia Simples; DFA1: Análise de Flutuação Detrended; Lmean: comprimento médio das linhas diagonais; Lmax: comprimento máximo das linhas diagonais; REC: taxa de recorrência; ShanEn: Entropia de Shannon; MSE: Entropia Multiescalar. Dados expressados em média (desvio padrão) e medidas absolutas para tamanho do efeito de Cohen. *: diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). Test T pareado (amostras paramétrica) e Teste de Wilcoxon (amostra não paramétrica).

Discussão

Os principais achados ocorreram na força muscular expiratória, periférica e global, além da capacidade funcional de indivíduos com IRC em HD, além disso, houve influência na modulação autonômica desses indivíduos.

Um dos órgãos que mais é acometido na IRC são os pulmões, visto que, pacientes com IRC fase terminal apresentam edema pulmonar crônico, que pode ocasionar quadro de congestão pulmonar, prejudicando a capacidade de difusão, devido ao excesso de líquido acumulado, provocando distúrbios das trocas gasosas e conseqüentemente, piora da função pulmonar²⁸. O fato dos valores espirométricos não terem apresentados aumento significativo, pode ser explicado, pois o próprio procedimento de HD auxilia na retirada do líquido acumulado, havendo, portanto, uma melhora das variáveis espirométricas após este procedimento⁴, e o protocolo proposto e a avaliação espirométrica foram realizados no começo da HD, momento em que ainda não havia ocorrido perda importante do excesso de líquido.

Ainda nesse contexto, a intervenção fisioterapêutica aplicada também proporcionou aumento nos valores da força muscular respiratória, principalmente na PEM. Resultados semelhantes foram encontrados por Figueiredo *et al*²⁹, os quais mostraram que houve um aumento significativo da PIM e PEM após realização de um protocolo de treinamento muscular inspiratório com indivíduos com IRC em HD, com apenas seis semanas de tratamento. Além disso, outros benefícios têm sido demonstrados, com a inclusão da reabilitação respiratória nesses indivíduos, tais como: aumento significativo na função pulmonar, força muscular respiratória, capacidade funcional e qualidade de vida³⁰.

Apesar de não ter sido aplicado nenhuma carga para os músculos expiratórios, houve aumento da PEM, isso pode ser explicado, pois com o treinamento, os músculos inspiratórios tornam-se mais fortes e são capazes de levar o tórax para uma posição mais expandida em preparação para a manobra de medição de PEM. Essa posição mais expandida significa maior recolhimento elástico dos pulmões e da parede torácica, o que pode ter impulsionado o aumento da PEM³⁰.

Na IRC, a perda de massa muscular é um problema significativo e comum que afeta as atividades da vida diária e está associada à redução da qualidade de vida e ao aumento da taxa de mortalidade³¹. Além dos benefícios no sistema respiratório, o protocolo de intervenção proposto, neste estudo, foi eficaz no ganho de força muscular global.

A prática regular de exercícios físicos beneficia a função cardiometabólica, neuromuscular e cognitiva em todas as etapas da IRC, portanto é necessário que mudança de estilo de vida seja parte integrante do tratamento da doença renal¹⁵. Diversos estudos vêm propondo a realização de exercício físico durante a HD³²⁻³⁴, porém ainda não se tem um

consenso sobre qual protocolo é mais benéfico para esses pacientes. O presente estudo propôs a realização de um protocolo de exercícios misto, visto que a fraqueza muscular nessa população é generalizada.

Além da combinação de exercícios, o grande diferencial do protocolo de intervenção fisioterapêutica foi a utilização da eletroestimulação RUSSA associada com exercícios resistidos. Schardong *et al*¹⁹ realizaram protocolo de eletroestimulação semelhante, ao presente estudo, com o mesmo tempo de intervenção e, também, com amostra reduzida (n = 10 grupo controle e n = 11 grupo intervenção), embora sem associação a exercício resistido, e visualizaram que a eletroestimulação neuromuscular promoveu aumento da força muscular de membros inferiores e teve um efeito protetor na hipotrofia muscular, porém não houve melhora da capacidade funcional desses indivíduos.

No presente estudo, obteve-se incremento da capacidade funcional, evidenciada pelo aumento da distância percorrida no TC6', e isso pode ser explicado pelo ganho de força muscular promovido pela eletroestimulação associada aos exercícios resistidos, pelos exercícios aeróbios, assim como, pela melhora das condições respiratórias. Resultados semelhantes foram encontrados por Pellizzaro, Thomé e Veroneze³⁵, que submeteram pacientes em HD a treinamento muscular por dez semanas, e observaram um aumento significativo na capacidade funcional, sugerindo que o comprometimento da capacidade funcional nos pacientes com IRC pode ser atenuado pelo ganho de força muscular.

Os pacientes com diagnóstico de IRC em HD apresentam redução da capacidade funcional³⁶, especialmente devido ao estilo de vida mais sedentário que é imposto pela rotina de realização de HD, já que os indivíduos realizam esse procedimento, cerca de quatro horas, três vezes por semana, e muitas das vezes, este tratamento reflete em sintomas, deixando o paciente mais indisposto.

Apesar de acometer diversos sistemas do organismo, a redução na VFC é a principal medida relacionada com o aumento do risco de eventos cardiovasculares e responsável pelo crescente número de hospitalização dessa população com IRC³⁷. Por isso a importância de avaliar esse parâmetro até mesmo como fator prognóstico, e promover medidas para melhorar a modulação autonômica, incluindo o exercício físico de intensidade moderada no dia a dia desses indivíduos³⁸.

Em nossos achados, verificamos que os participantes já apresentavam valores da VFC bastante reduzidos, antes do protocolo (RMSSD: 14,49±13,14ms; SDNN: 21,04±12,89ms;

BF: $184,11 \pm 283,02 \text{ms}^2$; AF: $50,9 \pm 96,86 \text{ms}^2$), quando comparado com a população saudável³⁹ (RMSSD: $27 \pm 12 \text{ms}$; SDNN: $141 \pm 39 \text{ms}$; BF: $1170 \pm 416 \text{ms}^2$; AF: $975 \pm 203 \text{ms}^2$), e hipertensos na mesma faixa etária⁴⁰, ou seja, os participantes deste estudo já apresentavam uma disfunção acentuada na modulação autonômica da FC, destacando a importância da VFC no prognóstico desses indivíduos. Após intervenção, os valores de RMSSD e da banda BF se assemelham mais aos saudáveis³⁹.

Apesar de, no presente estudo, não ter obtido modificações estatisticamente significativas na maioria dos índices da VFC, notou-se melhora em grande parte deles, principalmente no DT, e esse comportamento pode refletir diretamente na melhora clínica apresentada pelos participantes. Resultado semelhante foi encontrado por Tomlinson *et al*⁴¹, os quais observaram que o índice RMSSD apresentou uma tendência para aumentar na primeira hora de HD, e reduziu ao longo do tempo, sendo que isto pode estar correlacionado com a taxa de ultrafiltração e também com isquemia miocárdica hipotensiva, que piora durante a HD, porém este efeito pode ser anulado pelo exercício aeróbico regular, após seis meses.

A análise não linear da VFC fornece informações muito úteis para caracterizar o balanço autonômico e é um marcador mais confiável de complicações e mortalidade em pacientes com doença cardiovascular⁴².

Destaca-se a importância deste estudo, pois é um dos poucos que avalia a influência do treinamento físico associado a eletroestimulação, durante a HD, em índices de VFC nos métodos de análise linear e não-linear no domínio do caos.

Na análise quantitativa do plot de Poincaré e na análise dos índices geométricos, houve melhora dos índices RR tri, TINN, SD1 e SD2 após a intervenção fisioterapêutica, sugerindo que houve um aumento da atuação parassimpática na modulação do Sistema Nervoso Autônomo (SNA). Um estudo realizado com indivíduos com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), os quais também apresentam acometimento em vários sistemas fisiológicos, corrobora com os nossos achados, visto que após 24 sessões de treinamento resistido, os indivíduos obtiveram aumento dos índices geométricos da VFC (RRtri, TINN SD1 e SD2), podendo prever que houve melhora da modulação autonômica⁴³. Este fato é importante, pois valores de RRtri < 22 e TINN < 328ms, estão relacionados com a morte por todas as causas e morte súbita na população com IRC em HD⁴⁴.

A técnica de DFA alpha1 determina as propriedades de curto prazo e auto- similares

dos iR-R das séries temporais⁴⁵. Em nossos achados, valores do componente Alpha1 indicaram maior proximidade ao comportamento fisiológico normal, após intervenção, ressaltando a importância do exercício físico regular nessa população.

O índice REC relaciona-se inversamente proporcional a VFC, ou seja, valores mais altos de REC indicam menor complexidade da modulação autonômica, refletindo um estado fisiológico comprometido⁴⁶. Na população com DPOC, foi verificado que apresentam valores mais altos de REC quando comparados com a população saudável, indicando piora da modulação autonômica⁴⁶, e podemos observar com nossos resultados, que os participantes com IRC em HD apresentaram valores ainda mais altos que os indivíduos com DPOC, enfatizando o quanto está comprometido o SNA dessa população.

Com relação à ShanEn, esta correlaciona-se com o determinismo, portanto valores crescentes correspondem a uma variabilidade decrescente, já as ApEn e SampEn são interpretadas diferentemente, valores menores correspondem a maior regularidade ou periodicidade da série temporal⁴⁷. No presente estudo, observamos que os participantes apresentaram baixos valores das entropias, e com o decorrer do tempo houve uma piora desses parâmetros, com a diminuição da ApEn e SampEn, e aumento da ShanEn, indicando que o protocolo proposto foi insuficiente para retardar a progressão da doença renal, porém podemos ressaltar que, talvez, se esses indivíduos não tivessem realizado esse protocolo, a doença teria avançado cada vez mais e piorando ainda mais esses índices.

Os indivíduos com IRC em HD devem ser encorajados a melhorar o nível de seu condicionamento físico, o que pode melhorar o seu prognóstico¹⁷, e o protocolo de intervenção proposto se mostrou uma alternativa aplicável, eficaz e seguro, visto que, não houve nenhum evento adverso durante a realização da pesquisa.

O protocolo de intervenção fisioterapêutica proposto de baixa a moderada intensidade, durante oito semanas, não foi suficiente para modificar estatisticamente a modulação autonômica, é possível que seja necessário um período maior de intervenção, Koudi *et al*⁴⁸, propuseram tempo de intervenção de um ano, e verificaram que houve um aumento significativo dos índices lineares da VFC.

No entanto, algumas limitações puderam ser observadas, que por se tratar de um estudo clínico quase-experimental, houve um pequeno número amostral, semelhante em outros estudos^{32,34,36}, em decorrência a baixa aderência à proposta de realização de exercício físico durante a HD, visto que, a maioria dos pacientes estavam acostumados a monotonia da

HD, a inatividade durante esse período e ao comportamento sedentário de modo geral, apresentando resistência a mudança de estilo de vida. Além disso, pode-se observar que esses participantes apresentavam alteração no aspecto emocional, com piora desse quadro no decorrer das semanas, o que pode ter influenciado nos resultados da pesquisa. Estudos adicionais são necessários com um número de participantes maior e avaliação de outras variáveis que possam influenciar no prognóstico desses pacientes.

Portanto, conclui-se que o protocolo proposto modifica a modulação autonômica da FC, e é eficaz no aumento da capacidade funcional, da força muscular de extensores de joelho, de preensão palmar e da musculatura expiratória, em indivíduos com IRC em HD.

Declaração de Conflitos de Interesse

Nenhum declarado.

Contribuições dos Autores

MS e MFA contribuíram substancialmente para concepção, desenho, aquisição de dados, análise e interpretação dos dados obtidos, estiveram envolvidas na redação do manuscrito, revisão crítica, e aprovação da versão final a ser publicada.

Financiamentos

Não houve financiamento para essa pesquisa.

Referências

- 1- Junior JER. Doença Renal Crônica: Definição, Epidemiologia e Classificação. *J Bras Nefrol*. 2004;26(3):1-3.
- 2- Riella MC. Princípios de nefrologia e distúrbios hidroeletrólíticos. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1996.
- 3- Sesso RC, Lopes AA, Thomé FS, Lugon JR, Martins CT. Brazilian Chronic Dialysis Survey 2016. *J Bras Nefrol* 2017;39(3):261-266.
- 4- Bianchi PD, Barreto SSM, Thomés FS, Klein AB. Repercussão da Hemodiálise na Função Pulmonar de Pacientes com Doença Renal Crônica Terminal. *J Bras Nefrol* 2009;31(1):25-31.
- 5- Souza VA, Oliveira D, Mansur HN, Fernandes NM, Bastos MG. Sarcopenia na Doença Renal Crônica. *J Bras Nefrol* 2015;37(1):98-105.

- 6- Fahal IH. Uraemic sarcopenia: aetiology and implications. *Nephrol Dial Transplant* 2014;29:1655-1665.
- 7- De Jager DJ, Grootendorst DC, Jager KJ, *et al.* Cardiovascular and Noncardiovascular Mortality Among Patients Starting Dialysis. *JAMA* 2009;302(16):1782-9.
- 8- Paraskevas KI, Kotsikoris I, Koupidis SA, Tzovaras AA, Mikhailidis DP. Cardiovascular events in chronic dialysis patients: emphasizing the importance of vascular disease prevention. *Int Urol Nephrol* 2010; 42:999-1006.
- 9- Reboredo MM, Pinheiro BV, Neder JA, *et al.* Effects of aerobic training during hemodialysis on heart rate variability and left ventricular function in end-stage renal disease patients. *J Bras Nefrol.* 2010;32(4):367-73.
- 10- Oliveira CA, Brito Junior HL, Bastos MG, *et al.* Depressed cardiac autonomic modulation in patients with chronic kidney disease. *J Bras Nefrol* 2014;36(2):155-62.
- 11- Rubinger D, Backenroth R, Sapoznikov D. Sympathetic nervous system function and dysfunction in chronic hemodialysis patients. *Semin Dial* 2013;26:333–43.
- 12- Ranpuria R, Hall M, Chan CT, Unruh M. Heart rate variability (HRV) in kidney failure: measurement and consequences of reduced HRV. *Nephrol Dial Transplant* 2008;23: 444–9.
- 13- Liu M, Takahashi H, Morita Y, *et al.* Non-dipping is a potent predictor of cardiovascular mortality and is associated with autonomic dysfunction in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2003;18:563–569.
- 14- Stein PK, Barzilay JI, Chaves PH, *et al.* Higher levels of inflammation factors and greater insulin resistance are independently associated with higher heart rate and lower heart rate variability in normoglycemic older individuals: The Cardiovascular Health Study. *J Am Geriatr Soc.* 2008; 56:315–321.
- 15- Zelle DM, Klaassen G, van Adrichem E, Bakker SJ, Corpeleijn E, Navis G. Physical inactivity: a risk factor and target for intervention in renal care. *Nat Rev Nephrol.* 2017;13(3):152-168.
- 16- Wilkinson TJ, Shur NF, Smith AC. "Exercise as medicine" in chronic kidney disease. *Scand J Med Sci Sports.* 2016; 26(8):985-988.
- 17- Kang SH, Do JY, Jeong HY, Lee SY, Kim JC. The Clinical Significance of Physical Activity in Maintenance Dialysis Patients. *Kidney Blood Press Res.* 2017; 42(3):575-586.
- 18- Foster C, Florhaug JA, Franklin J, *et al.* A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res.* 2001;15(1):109-115.

- 19- Schardong J, Dipp T, Bozzeto CB, *et al.* Effects of Intradialytic Neuromuscular Electrical Stimulation on Strength and Muscle Architecture in Patients with Chronic Kidney Failure: Randomized Clinical Trial. *Artif Organs.* 2017; 41(11):1049-1058.
- 20- Sallinen J, Stenholm S, Rantanen T, Heliövaara M, Sainio P, Koskinen S. Hand-Grip Strength Cut-Points to Screen Older Persons at Risk for Mobility Limitation. *J Am Geriatr Soc.* 2010;58(9):1721–1726.
- 21- American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002; 166(4):518-624.
- 22- American Thoracic Society. Standardization of spirometry, 1994 update. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:1107–1136.
- 23- Quintana DS, Heathers JA, Kemp AH. On the validity of using the Polar RS800 heart rate monitor for heart rate variability research. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(12):4179-80.
- 24- Dos Santos L, Pillat V, de Godoy MF, Barbosa CL, Barroso J, Macau E. T-RR Filter: Ferramenta computacional gráfica no uso do filtro adaptativo para análise da variabilidade da frequência cardíaca. *Proc. Series. Braz. Soc. Comp. Appl. Math.* 2016; 4(1):1133-1139.
- 25- Niskanen JP, Tarvainen MP, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA. Software for advanced HRV analysis. *Comput. Methods. Programs. Biomed.* 2004; 76(1):73-81.
- 26- 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(1):111-7.
- 27- Stubbsjoen SM, Bohlin J, Skjerve E, Valle PS, Zanella AJ. Applying fractal analysis to heart rate time series of sheep experiencing pain. *Physiol. Behav.* 2010;101: 74-80.
- 28- Guyton AC, Hall JE. Tratado de Fisiologia Médica. *Elsevier.* 2006, 11ed, pg: 406-14.
- 29- Figueiredo RR, Castro AA, Napoleone FM, Faray L, de Paula Júnior AR, Osório RA. Respiratory biofeedback accuracy in chronic renal failure patients: a method comparison. *Clin Rehabil.* 2012;26(8):724-32.
- 30- de Medeiros AIC, Fuzari HKB, Rattesa C, Brandão DC, de Melo Marinho PÉ. Inspiratory muscle training improves respiratory muscle strength, functional capacity and quality of life in patients with chronic kidney disease: a systematic review. *J Physiother.* 2017;63(2):76-83.
- 31- Chen CT, Lin SH, Chen JS, Hsu YJ. Muscle wasting in hemodialysis patients: new

therapeutic strategies for resolving an old problem. *ScientificWorldJournal*. 2013;2013:643954.

32- Groussard C, Rouchon-Isnard M, Coutard C, *et al*. Beneficial effects of an intradialytic cycling training program in patients with end-stage kidney disease. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2015;40(6):550-556.

33- Bennett PN, Fraser S, Barnard R, *et al*. Effects of an intradialytic resistance training programme on physical function: a prospective stepped-wedge randomized controlled trial. *Nephrol Dial Transplant*. 2016;31(8):1302-1309.

34- Chigira Y, Oda T, Izumi M, Yoshimura T. Effects of exercise therapy during dialysis for elderly patients undergoing maintenance dialysis. *J Phys Ther Sci*. 2017; 29(1): 20-23.

35- Pellizzaro CO, Thomé FS, Veronese FV. Effect of peripheral and respiratory muscle training on the functional capacity of hemodialysis patients. *Ren Fail*. 2013;35(2):189-97.

36- Cunha MS, Andrade V, Guedes CAV, Meneghetti CHZ, Aguiar AP, Cardoso AL. Assessment of functional capacity and quality of life in chronic renal patients under hemodialysis treatment. *Fisioter Pesq*. 2009;16(2):155-160.

37- Huang JC, Kuo IC, Tsai YC, *et al*. Heart Rate Variability Predicts Major Adverse Cardiovascular Events and Hospitalization in Maintenance Hemodialysis Patients. *Kidney Blood Press Res* 2017;42:76-88.

38- Barcellos FC, Santos IS, Umpierre D, Bohlke M, Hallal PC. Effects of exercise in the whole spectrum of chronic kidney disease: a systematic review. *Clin Kidney J*. 2015;8(6):753-765.

39- TASK FORCE. 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*. 1996; 93(5): 1043-1065.

40- Koichubekov BK, Sorokina MA, Laryushina YM, Turgunova LG, Korshukov IV. Nonlinear analyses of heart rate variability in hypertension. *Ann Cardiol Angeiol (Paris)*. 2018; S0003-3928(18)30058-1.

41- Tomlinson C, Graham-Brown M, Churchward D, *et al*. Aerobic Intradialytic Exercise: An effective Approach to Improve Heart Rate Variability? *Nephrol Dial Transplant*. 2017;32(Suppl 3).

42- Godoy MF. Nonlinear Analysis of Heart Rate Variability: A Comprehensive Review. *Journal of Cardiol Ther*. 2016;3(3):528-533.

- 43-** Santos AA, Ricci-Vitor AL, Bragatto VS, Santos AP, Ramos EM, Vanderlei LC. Can geometric indices of heart rate variability predict improvement in autonomic modulation after resistance training in chronic obstructive pulmonary disease? *Clin Physiol Funct Imaging*. 2017;37(2):124-130.
- 44-** Hayano J, Takahashi H, Toriyama T, *et al*. Prognostic value of heart rate variability during long-term follow-up in chronic haemodialysis patients with end-stage renal disease. *Nephrol Dial Transplant*. 1999;14:1480-1488.
- 45-** Perkiömäki JS, Mäkikallio TH, Huikuri HV. Fractal and complexity measures of heart rate variability. *Clin. Exp. Hypertens*. 2005;27(2-3):149-58.
- 46-** Vanzella LM, Bernardo AFB, Carvalho TD, Vanderlei FM, Silva AKF, Vanderlei LCM. Complexidade do sistema nervoso autônomo em indivíduos com DPOC. *J Bras Pneumol*. 2018;44(1):24-30.
- 47-** Richman JS, Moorman JR. Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol*. 2000;278:2039-49.
- 48-** Kouidi E, Karagiannis V, Grekas D, *et al*. Depression, heart rate variability, and exercise training in dialysis patients. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2010;17(2):160-7.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão de literatura e o estudo proposto demonstram a importância de métodos de diagnóstico, prognóstico e de tratamento que devem ser implementados na população com IRC em HD, a fim de reduzir o número de morbi-mortalidade e internação hospitalar, proporcionando melhora dos sintomas, e conseqüentemente aumento da qualidade de vida desses indivíduos.

Compreender melhor as alterações que acontecem no organismo desses indivíduos, sabendo que essa doença não acomete somente o sistema renal, como também, diversos outros sistemas fisiológicos, é de suma importância para traçarmos as melhores condutas fisioterapêuticas para essa população, e demonstrar que o tratamento fisioterapêutico é de grande valia, visto que ainda não é bem difundido a importância do acompanhamento fisioterapêutico nessa população, sendo um novo mercado de trabalho para os fisioterapeutas.

Com o nosso estudo, podemos observar que houve resultados positivos na força muscular periférica, global e da musculatura respiratória, além da melhora no condicionamento físico dos participantes com IRC submetidos ao tratamento fisioterapêutico durante HD. Além disso, de forma subjetiva, houve melhora nas funções do dia a dia desses indivíduos, visto que a maioria deles relataram amenização dos sintomas, como fraqueza muscular, câimbras e dispneia, além de relatarem maior disposição nas suas atividades de vida diária. Apesar dos nossos resultados não terem demonstrado melhora significativa da VFC, novos estudos, com uma amostra e um tempo de intervenção maiores, são necessários, para proporcionar mais segurança aos profissionais que possam atuar com esses indivíduos de forma segura e baseada em evidências.

4 REFERÊNCIA DA REVISÃO DE LITERATURA

1. Junior JER. Doença Renal Crônica: Definição, Epidemiologia e Classificação. *J Bras Nefrol.* 2004;26(3):1-3.
2. Kirsztajn GM, Salgado Filho N, Draibe AS, *et al.* Leitura rápida do KDIGO 2012: Diretrizes para avaliação e manuseio da doença renal crônica na prática clínica. *J. Bras. Nefrol.* 2014;36(1):63-73.
3. Barros E, Manfro RC, Thomé FS, Gonçalves LFS. Nefrologia: rotinas, diagnóstico e tratamento. 2.ed. Porto Alegre: Artes Médicas; 1999. p. 272-8.
4. Roso CC, Beuter M, Jacobi CS, Silva CT, Perrando MS, Bruinsma JL. Progressão da Insuficiência Renal Crônica: Percepções de Pessoas em Prédiálise. *Rev Enferm UFSM.* 2013; 3(Esp.): 581-588.
5. Sesso RC, Lopes AA, Thomé FS, Lugon JR, Martins CT. Brazilian Chronic Dialysis Survey 2016. *J Bras Nefrol* 2017;39(3):261-266.
6. Guyton AC, Hall JE. Tratado de Fisiologia Médica. *Elsevier.* 2006, 11ed, pg: 406-14.
7. Engel, C. Nefrologia. *MedyKlin Editora.* 2014, vol.5, pg. 27-42.
8. Riella MC. Princípios de nefrologia e distúrbios hidroeletrólíticos. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1996.
9. Bianchi PD, Barreto SSM, Thomés FS, Klein AB. Repercussão da Hemodiálise na Função Pulmonar de Pacientes com Doença Renal Crônica Terminal. *J Bras Nefrol* 2009;31(1):25-31.
10. Cury JL, Brunetto AF, Aydos RD. Efeitos negativos da insuficiência renal crônica sobre a função pulmonar e a capacidade funcional. *Rev. bras. fisioter.* 2010;14(2):91-98.
11. Jatobá JPC, Amaro WF, Andrade APA, Cardoso FPF, Monteiro AMH, Oliveira MAM. Avaliação da Função Pulmonar, Força Muscular Respiratória e Teste de Caminhada de Seis Minutos em Pacientes Portadores de Doença Renal Crônica em Hemodiálise. *J Bras Nefrol.* 2008;30(4):280-7.
12. Mukai H, Ming P, Lindholm B, *et al.* Lung Dysfunction and Mortality in Patients with Chronic Kidney Disease. *Kidney Blood Press Res.* 2018;43(2):522-535.
13. Palamidas AF, Gennimata SA, Karakontaki F, *et al.* Impact of hemodialysis on dyspnea and lung function in end stage kidney disease patients. *Biomed Res Int.* 2014;2014:212751.

14. Kovelis D, Pitta F, Probst VS, *et al.* Função pulmonar e força muscular respiratória em pacientes com doença renal crônica submetidos à hemodiálise. *J Bras Pneumol.* 2008;34(11):907-912.
15. Souza VA, Oliveira D, Mansur HN, Fernandes NM, Bastos MG. Sarcopenia na Doença Renal Crônica. *J Bras Nefrol* 2015;37(1):98-105.
16. Fahal IH. Uraemic sarcopenia: aetiology and implications. *Nephrol Dial Transplant.* 2014;29:1655-1665.
17. Sakkas GK, Sargeant AJ, Mercer TH, *et al.* Changes in muscle morphology in dialysis patients after 6 months of aerobic exercise training. *Nephrol Dial Transplant* 2003;18:1854-61.
18. Kim JK, Choi SR, Choi MJ, *et al.* Prevalence of and factors associated with sarcopenia in elderly patients with end-stage renal disease. *Clin Nutr.* 2014;33(1):64-8.
19. Brüggemann AKV, Mello CL, Pont TD, *et al.* Effects of neuromuscular electrical stimulation during hemodialysis on peripheral muscle strength and exercise capacity: a randomized clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2017;98(5):822-831.
20. Paraskevas KI, Kotsikoris I, Koupidis SA, Tzovaras AA, Mikhailidis DP. Cardiovascular events in chronic dialysis patients: emphasizing the importance of vascular disease prevention. *Int Urol Nephrol.* 2010;42:999-1006.
21. Reboredo MM, Pinheiro BV, Neder JA, *et al.* Effects of aerobic training during hemodialysis on heart rate variability and left ventricular function in end-stage renal disease patients. *J Bras Nefrol.* 2010;32(4):367-73.
22. Carmo WB, Almeida SC, Rezende FCM, *et al.* Hipertensão arterial e hipertrofia ventricular esquerda em pacientes renais crônicos em tratamento hemodialítico. *J Bras Nefrol.* 2003;25:1-9.
23. Martin LC, Barretti P, Kochi AC, *et al.* Fisiopatologia da Hipertensão Arterial em Diálise. *J Bras Nefrol.* 2006;28(4):225-31.
24. Zoccali C, Mallamaci F, Tripepi G. Traditional and emerging cardiovascular risk factors in end-stage renal disease. *Kidney Int Suppl.* 2003:S105-10.
25. De Oliveira CA, de Brito Junior HL, Bastos MC, *et al.* Depressão da modulação autonômica cardíaca em pacientes com doença renal crônica diagnosticada pela análise espectral da variabilidade da frequência. *J Bras Nefrol.* 2014;36(2):155-162.
26. Varma R, Garrick R, McClung J, Frishman WH. Chronic renal dysfunction as an independent risk factor for the development of cardiovascular disease. *Cardiol Rev.* 2005;13:98-107.

27. TASK FORCE. 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*. 1996; 93(5): 1043-1065.
28. Cooke WH, Cox JF, Diedrich AM, *et al.* Controlled breathing protocols probe human autonomic cardiovascular rhythms. *Am J Physiol*, 1998;274(2Pt2):H709-718.
29. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med*. 2003;33(12):889-919.
30. Rajendra UA, Paul JK, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart rate variability: a review. *Med Biol Eng Comput*. 2006;44(12):1031-51.
31. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Circ Cardiovasc*. 2009;24(2):205-217.
32. Reed MJ, Robertson CE, Addison PS. Heart rate variability measurements and the prediction of ventricular arrhythmias. *QJM*. 2005;98:87-95.
33. Fukuta H, Hayano J, Ishihara S, *et al.* Prognostic value of heart rate variability in patients with end-stage renal disease on chronic haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant*. 2003;18:318-25.
34. Bilchick KC, Berger RD. Heart Rate Variability. *J. Cardiovasc. Electrophysiol*. 2006;17(6):691-694.
35. Pumpura J, Howorka K, Groves D, Chester M, Nolan J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. *Int J Cardiol*. 2002;84(1):1-14.
36. Schlaich MP, Socratous F, Hennebry S, *et al.* Sympathetic activation in chronic renal failure. *J Am Soc Nephrol*. 2009;20:933-39.
37. Liu M, Takahashi H, Morita Y, *et al.* Non-dipping is a potent predictor of cardiovascular mortality and is associated with autonomic dysfunction in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant*. 2003;18:563-569.
38. Stein PK, Barzilay JI, Chaves PH, *et al.* Higher levels of inflammation factors and greater insulin resistance are independently associated with higher heart rate and lower heart rate variability in normoglycemic older individuals: The Cardiovascular Health Study. *J Am Geriatr Soc*. 2008;56:315-321.
39. Drawz PE, Babineau DC, Brecklin C, *et al.* Heart rate variability is a predictor of mortality in chronic kidney disease: a report from the CRIC Study. *Am J Nephrol*.

2013;38(6):517-28.

40. Borges AL. Medicamentos e Variabilidade Cardíaca. 2012. 46 f. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, 2012. Disponível em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/33190/1/Mestrado.pdf>. Acesso em: 08-08-2018.
41. Billman GE. The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho- vagal balance. *Front Physiol* 2013;4:26.
42. Vanderlei LCM, Pastre CM, Freitas Junior IF, *et al.* Índices geométricos de variabilidade da frequência cardíaca em crianças obesas e eutróficas. *Arq Bras Cardiol.* 2010;95:35–40.
43. Godoy MF. Nonlinear Analysis of Heart Rate Variability: A Comprehensive Review. *Journal of Cardiol Ther.* 2016;3(3):528-533.
44. Tulppo MP, Mäkikallio TH, Seppänen T, Laukkanen RT, Huikuri HV. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol.* 1998; 274 (2Pt 2): H424-9.
45. Carvalho TD, Pastre CM, Rossi RC, Abreu LC, Valenti VE, Vanderlei LCM. Índices geométricos de variabilidade da frequência cardíaca na doença pulmonar obstrutiva crônica. *Rev Port Pneumol.* 2011;17(6):260-265.
46. Richman JS, Moorman JR. Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.* 2000; 278: 2039-49.
47. Perkiömäki JS, Mäkikallio TH, Huikuri HV. Fractal and complexity measures of heart rate variability. *Clin. Exp. Hypertens.* 2005; 27(2-3):149-58.
48. Vanderlei LCM, Pastre CM, Freitas Júnior IF, Godoy MF. Fractal correlation of heart rate variability in obese children. *Autonomic Neuroscience.* 2010;155(1-2):125- 129
49. Beckers F, Verheyden B, Aubert AE. Aging and nonlinear heart rate control in a healthy population. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2006; 290: H2560 –H2570.
50. Eckmann JP, Kamphorst SO, Ruelle D. Recurrence plots of dynamical systems. *Europhys Lett.* 1987;4(91):973-7.
51. Marwan N, Kurths J. Nonlinear analysis of bivariate data with cross recurrence plots. *Phys Lett A.* 2002; 302(5/6):299-307.
52. Takakura IT, Hoshi RA, Santos MA, *et al.* Recurrence Plots: a New Tool for Quantification of Cardiac Autonomic Nervous System Recovery after Transplant. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2017;32(4):245-52.
53. Porta A, Bari V, Ranuzzi G, De Maria B, Baselli G. Assessing multiscale

complexity of short heart rate variability series through a model-based linear approach. *Chaos*. 2017;27(9):093901-12.

54. Costa M, Goldberger AL, Peng CK. Multiscale entropy analysis of complex physiologic time series. *Phys Rev Lett*. 2002;89(6):068102-04.