

EXERCÍCIO FÍSICO E RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGÜÍNEO NA DRC

**LESÃO, FRAGILIDADE MUSCULAR
E RESPOSTAS HEMODINÂMICAS**

**Antonio Filipe Pereira Caetano
Maria do Socorro Cirilo-Sousa**



**Antonio Filipe Pereira Caetano
Maria do Socorro Cirilo-Sousa**

EXERCÍCIO FÍSICO E RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO NA DRC:

**LESÃO, FRAGILIDADE MUSCULAR
E RESPOSTAS HEMODINÂMICAS**



Maceió/AL
2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Reitor

Josealdo Tonholo

Vice-reitora

Eliane Aparecida Holanda Cavalcanti

Diretor da Edufal

Eraldo de Souza Ferraz

Conselho Editorial Edufal

Eraldo de Souza Ferraz – Presidente

Diva Souza Lessa – Gerente

Fernanda Lins de Lima – Coordenação Editorial

Mauricélia Batista Ramos de Farias – Secretária Geral

Roselito de Oliveira Santos – Bibliotecário

Alex Souza Oliveira

Cícero Pêrciles de Oliveira Carvalho

Cristiane Cyrino Estevão

Elias André da Silva

Felipe Ernesto Barros

José Ivamilson Silva Barbalho

José Márcio de Moraes Oliveira

Juliana Roberta Theodoro de Lima

Júlio Cezar Gaudêncio da Silva

Mário Jorge Jucá

Muller Ribeiro Andrade

Rafael André de Barros

Silvia Beatriz Beger Uchôa

Tobias Maia de Albuquerque Mariz

Núcleo de Conteúdo Editorial

Fernanda Lins de Lima – Coordenação

Roselito de Oliveira Santos – Registros e catalogação

Conselho Científico da Edufal

César Picón - Cátedra Latino-Americana e Caribenha (UNAE)

Gian Carlo de Melo Silva – Universidade Federal de Alagoas (Ufal)

José Ignacio Cruz Orozco - Universidade de Valência - Espanha

Juan Manuel Fernández Soria - Universidade de Valência - Espanha

Junot Cornélio Matos – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Nanci Helena Rebouças Franco – Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Patricia Delgado Granados - Universidade de Servilha-Espanha

Paulo Manuel Teixeira Marinho – Universidade do Porto - Portugal

Wilfredo Garcia Felipe - Universidad Nacional de Educación (UNAE)

Projeto gráfico

Mariana Lessa de Santana

Editoração eletrônica e Capa

Mariana Lessa de Santana

Imagem da Capa

Freepik

Revisão de Língua Portuguesa

Ana Maria Carvalho Luz

Normalização (ABNT)

Mauricélia Batista Ramos de Farias

Catalogação na Fonte

Editora da Universidade Federal de Alagoas - Edufal

Núcleo de Conteúdo Editorial

Bibliotecário Responsável: Roselito de Oliveira Santos – CRB-4 – 1633

C128e

Caetano, Antonio Filipe Pereira.

Exercício físico e restrição de fluxo sanguíneo na DRC :
lesão, fragilidade muscular e respostas hemodinâmicas /
Antonio Filipe Pereira Caetano, Maria do Socorro Cirilo-
Souza. - Maceió : Edufal, 2026.
194 p. il. : color.

Inclui bibliografia.

ISBN: 978-65-5624-523-2 E-book

1. Medicina 2. Exercício físico. 3. Fluxo sanguíneo-DRC.

I. Título. I. Maria do Socorro Cirilo-Souza.

CDU 612: 613.7

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
CAPÍTULO 1	
DRC, EXERCÍCIO FÍSICO E RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO: ASPECTOS CONCEITUAIS	30
Doença renal crônica	
Exercício físico	
Restrição de fluxo sanguíneo	
CAPÍTULO 2	
PERFIL GERAL DE PESSOAS COM DOENÇA RENAL CRÔNICA EM ESTÁGIO 3	53
CAPÍTULO 3	
MEDIDAS MORFOLÓGICAS, METABÓLICAS E INFLAMAÇÃO CELULAR	67
Introdução	
Resultados	
Discussão	
Conclusões preliminares	

CAPÍTULO 4	
MEDIDAS HEMODINÂMICAS E HIPERTENSÃO ARTERIAL SISTÊMICA	86
Introdução	
Resultados	
Discussão	
Conclusões preliminares	
CAPÍTULO 5	
DRC, LESÃO MUSCULAR E RISCO DE TROMBOSE	111
Introdução	
Resultados	
Discussão	
Conclusões preliminares	
CAPÍTULO 6	
DRC, EFEITOS ADVERSOS E FRAGILIDADE MUSCULAR: RISCO DE SARCOPENIA, SENSÇÃO DE FADIGA E DOR	128
Introdução	
Resultados	
Discussão	
Conclusões preliminares	
CONSIDERAÇÕES FINAIS	150
REFERÊNCIAS	155
ÍNDICE REMISSIVO	186

APRESENTAÇÃO

O exercício físico tem sido considerado um importante aliado para ganhos em saúde dos indivíduos em virtude de seu papel homeostático (ACSM, 1988). Ao longo dos anos, estudos vêm reportando ganhos nos sistemas cardiovascular, metabólico, musculoesquelético, neurológico ou cognitivo, imunológico e comportamental dos indivíduos (McArdle; Katch, F.; Katch, V. 2017; Nieman, 2011). Dentre os tipos de exercício físico, os treinamentos de força muscular – que compreendem ações de contração dos músculos por uma resistência externa – desencadeiam aumento de massa magra, hipertrofia e força muscular, o que reverbera em ganhos adicionais para os sujeitos, inclusive para pessoas com doenças crônicas ou agravos à saúde (ACSM, 2026; 2009; Raso; Greve; Polito, 2013).

Dentre essas enfermidades, destaca-se a doença renal crônica (DRC), conhecida por ser causada por uma lesão no parênquima renal que promove uma perda progressiva, irreversível e lenta da função dos rins (KDIGO, 2026; 2024). De acordo com a Sociedade Brasileira de Nefrologia (SBN), a DRC teve a prevalência de 7,2% em pessoas acima de 30



anos em 2019, atingindo valores entre 28% e 46% em pessoas acima de 64 anos (Brasil, 2019). Mais recentemente, entre 2019 e 2023, o Ministério da Saúde reportou um aumento de 152,81% dos casos de DRC no Brasil, já afetando em torno de 10% da população (Brasil, 2024). De acordo com o mesmo Boletim Epidemiológico da Secretaria de Vigilância em Saúde em Ambiente (SVSA), só em 2023, 1.837 indivíduos foram atendidos na atenção primária com DRC em Alagoas (Brasil, 2024).

A DRC pode ser causada por questões genéticas, morfológicas e comportamentais. Sabe-se que estilo de vida e hábitos saudáveis têm relação determinante com duas doenças de base para a DRC: hipertensão arterial sistêmica (HAS) e diabetes mellitus (DM) (Akchurin, 2019). Assim, instaurada a doença, uma das formas de monitoramento da evolução da perda da função renal é a medição da taxa de filtração glomerular (TFG), mecanismo determinante para a escolha da forma de tratamento e de manejos clínicos. Para o tratamento conservador (TC), momento em que ocorre o controle pressórico, nutricional, de distúrbio ósseo e quadros anêmicos, os níveis de TFG se encontram entre 60 e 15 mL/min/1,73m² (estágio 3 e 4); já para os casos de necessidade de terapia renal substitutiva (hemodiálise, diálise peritoneal ou transplante), os níveis de filtração já se encontram < 15 mL/min/1,73m² (estágio 5) (Levey *et al.*, 2020).



Pessoas com DRC podem apresentar níveis morfológicos alterados, sobretudo no que se refere ao índice de composição corporal. Isso ocorre por conta das condições urêmicas impostas pela doença, contribuindo para redução da massa magra, aumento do acúmulo de líquido extracelular (edemas), distribuição de gordura inadequada pelo corpo, quadros de desnutrição e inflamação sistêmica (Johansen; Lee, 2015; Nordheim; Jenssen, 2021). Logo, condições de sobrepeso ou obesidade e quadros de sarcopenia renal são comuns, contribuindo para agravos da resistência à insulina com picos glicêmicos e elevações da pressão arterial (PA) (Seravalle; Grassi, 2017; Golden, 2021; Ozbek *et al.*, 2024).

No que se refere à PA, pessoas com DRC têm riscos maiores de eventos cardiovasculares (Liu, Li; Lu., 2014). Tal situação ocorre por conta das alterações hemodinâmicas ocorridas em indivíduos que possuem, em sua estrutura fisiopatológica, calcificação vascular, disfunção endotelial com retenção de óxido nítrico, rigidez dos vasos sanguíneos, elevação da retenção hídrica e sódica, desordens no sistema renina-angiotensina-aldosterona e estímulo de produção de vasoconstritores (Sanjuliani, 2002; Kreutz *et al.*, 2024). Dessa forma, a HAS é parte da condição clínica de pessoas com DRC, situação em que o controle do manejo hemodinâmico pode afastar a ocorrência de infarto agudo do miocárdio, acidente vascular cerebral e insuficiência cardíaca.



Por conta desse contexto, os riscos de desenvolvimento de trombose nessa população são eminentes, especialmente para aqueles submetidos ao tratamento hemodialítico (Demelo-Rodríguez *et al.*, 2023; Corrêa *et al.*, 2024).

Associada as alterações morfológicas e hemodinâmicas, a sobrecarga da DRC pode ocasionar manifestações de alguns sintomas de forma diferenciada, como as sensações de dor e fadiga (Kirkman *et al.*, 2014; Johnasen & Painter, 2012). Nos dois casos, ocorre um impacto significativo na percepção de qualidade de vida dos indivíduos, causando-lhes inércias, apatias e letargia na relação com o mundo e com os sujeitos em sua volta, e ainda em relação ao próprio tratamento. Efeitos adversos da doença e do tratamento, como as dores e a sensação de fadiga, aliados aos quadros de sarcopenia, podem ser sinalizadores de fragilidade muscular. As dores são causadas por desequilíbrios eletrolíticos, distúrbios urêmicos, alterações ósseas e calcificação metastáticas. Já a fadiga é a reposta orgânica aos quadros de proliferação de citocinas pró-inflamatórias, acúmulo de metabólitos, deficiência de eritropoietina (anemia) e acidose metabólica (Ridley; Hoey.; Ballagh-Howes, 1999; Johansen *et al.*, 2006; Chang; Cheng; Lin, 2010; Araújo, 2017).

Mas, em todos esses casos, a prática de atividade física/exercício físico é sugerida como uma forma de tratamento adjuvante para a ampliação das condições de saúde e melhora das respostas ou da adesão ao tratamento de pes-



soas com DRC (SBN, 2021; KDIGO, 2024). No entanto, estudos (Caetano, 2024; Caetano *et al.*, 2023; Caetano *et al.*, 2022) vêm reportando que os níveis de atividade física dessa população, independentemente do estágio em que se encontram, são considerados insuficientes, tendo em vista o que é postulado pelas diretrizes, que sugerem em termos de atividade aeróbica a realização de, pelo menos, 150 minutos por semana com intensidade de moderada a vigorosa (Brasil, 2021); e, em se tratando de atividade física de força, uma frequência ≥ 2 sessões/semana, intensidade individualizada mas cargas em 80% 1RM para ganhos de força, exercícios para grandes músculos, e volumes de 2–3 séries/sessão com uso de barras, faixas elásticas e/ou peso corporal (ACSM, 2026).

Mas, em contrapartida, em uma interessante revisão de literatura realizada por Wilkison *et al.* (2020), já há evidências promissoras e em processo de consolidação do papel do exercício físico em diferentes etapas do tratamento para pessoas com DRC, com desfechos para questões hemodinâmicas, morfológicas, bioquímicas, inflamatórias, neuromusculares e comportamentais. Dentro dessa seara, o uso do método de restrição de fluxo sanguíneo (RFS) tem emergido como um caminho novo, de alguma forma alternativo, levando em consideração as características e os benefícios propostos pelo modelo, como o aumento da massa magra, hipertrofia muscular e ganhos de força, com o desenvolvimento de protocolos com menor quantidade de



exercícios, com cargas menores, que podem ser realizados em menos dias da semana (Cirilo-Sousa *et al.*, 2025a; Cirilo-Sousa *et al.*, 2025b; Cirilo-Sousa *et al.*, 2022; Cirilo-Sousa; Rodrigues Neto, 2018).

Respostas investigativas ao uso do método de RFS e DRC já reportaram ganhos na atenuação da TFG, ganhos na força muscular, na dilatação de vasos para realização da fístula arteriovenosa (FAV), na função autonômica cardiovascular, nos potenciais estímulos isquêmicos, na adequação dialítica (Kt/v), nos perfis inflamatórios e bioquímicos (Vasopressina, TNF- α , IL-5, IL-10, IL-18) e na composição corporal (Rolnick *et al.*, 2022). Todavia, questões relacionadas à segurança da RFS nessa população ainda são lacunas, sobretudo quando se leva em consideração que esse método se propõe à utilização de um manguito na parte distal dos membros (superiores e inferiores) para oclusão parcial do fluxo sanguíneo nos vasos e para o estabelecimento de uma hipóxia durante a realização da contração muscular, condição que potencializaria os ganhos metabólicos (Takara *et al.*, 2000; Laurentino *et al.*, 2012). Os riscos de lesão muscular e eminências de rabdomiólises também não foram verificados pelos estudos, ainda que sejam reportados por alguns autores os quadros de formigamento, aumento de fadiga, tontura e síncope no uso do método (Silva *et al.*, 2021; Clarkson *et al.*, 2020).



Outro elemento importante, nessas evidências, é que os estudos que realizaram o uso da RFS e treinamento de força muscular em pessoas com DRC debruçaram-se: no estágio 2, quando os diagnósticos precisam de condições genéticas e alterações morfológicas dos rins para serem efetivados; no estágio 4, momento em que se pode aconselhar a construção da fístula arteriovenosa (FAV), por haver um comprometimento da função renal acelerada; e no estágio 5, quando os participantes já se encontravam realizando as sessões de hemodiálise. Onde estão as pessoas do estágio 3?

O estágio 3 é definido quando a TFG se encontra nos níveis 60-45 mL/min/1,73m² (3a) ou 44-29 mL/min/1,73m² (3b). Esse momento é considerado um estágio importante no tratamento da doença, tendo em vista o quadro diagnóstico ter se instaurado de forma definitiva e o possível aparecimento de sintomas (cansaço e fadiga aumentada, edemas, alterações na urina, distúrbios do sono, falta de ar, aumento da PA, perda de apetite, náuseas, vômitos, câibras, dores osteoarticulares, prurido e alterações cognitivas) ter ficado mais evidente. Por outro lado, é a partir da intervenção no TC – que inclui: uso de fármacos para controle pressórico, glicêmico, anêmico e distúrbios ósseos; manejos nutricionais para benefícios morfológicos; e recomendações da prática de atividade física/exercício físico – como uma tentativa de conter o avanço mais acelerado da progressão da



doença para estágios mais críticos e desfechos não desejados para essa população, como o tratamento hemodialítico.

Logo, diante de todas essas questões, a pergunta-problema que se impõe é: quais seriam os possíveis efeitos de um treinamento de força muscular associado ao método de restrição de fluxo sanguíneo em pessoas com DRC em estágio 3?

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é avaliar as possíveis modificações de um treinamento de força muscular associado à RFS, em comparação com os modelos convencionais de treinamento, nas medidas morfológicas, hemodinâmicas, lesão muscular ou risco de trombose, risco de sarcopenia, nível de dor e fadiga em pessoas com DRC em estágio 3.

Em termos metodológicos, o estudo proposto é um ensaio clínico randomizado, com corte longitudinal. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEPE) do HUPAA, sob o número de protocolo 7.159.681/2024 e cadastrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (REBEC), sob o registro RBR-7bt6dxb.

A população foi composta por indivíduos adultos e idosos. Foram incluídas, na amostra, pessoas de ambos os sexos, com idade entre 35 e 75 anos, com DRC diagnosticada e com TFG entre 59 e 30 ml/min/1.73m², atendidas, prio-



ritariamente, nos serviços da Unidade do Sistema Urinário (USU) do Hospital Universitário Professor Alberto Antunes (HUPAA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

O cálculo amostral foi realizado utilizando-se o programa G*Power, com a adoção de um intervalo de confiança de 95% e um erro amostral de 5%, com proporção estimada de pessoas com prevalência de DRC com TFG entre 59 e 30 ml/min/1.73m² no serviço do USU do HUPAA da UFAL, entre os meses de janeiro e julho de 2024, totalizando o número efetivo de 197 indivíduos, considerado como uma população finita.

Assim, utilizando-se como medida uma potência de 0,8 e considerando-se um nível de significância de 5%, e um tamanho de efeito de 0,25, para analisar quatro grupos, realizando duas medidas em cada um deles, com taxa de correlação entre medidas de 0,5, estimou-se uma amostra de 24 sujeitos. Para evitar a perda amostral fizeram parte do estudo 40 sujeitos.

Os participantes foram randomizados em quatro grupos: grupo 1 (G1), nenhum tipo de treinamento de força muscular, grupo de controle; grupo 2 (G2), treinamento de força muscular de baixa carga; grupo 3 (G3), treinamento de força muscular de alta carga; e grupo 4 (G4), treinamento de força muscular de baixa carga associado ao método de restrição de fluxo sanguíneo. Os grupos foram equiparados em sexo, nível de atividade física e subclassificações de estágio 3.



O estudo foi desenvolvido no USU do HUPAA-U-FAL, no período de julho de 2024 a dezembro de 2025. A intervenção com treinamento físico ocorreu no complexo esportivo do Instituto de Educação Física e Esporte (IEFE) da Universidade Federal de Alagoas (Ufal).

Em termos de critérios de elegibilidade, foram incluídos, no estudo, pessoas com DRC, que moravam na cidade de Maceió (Alagoas) e em sua região metropolitana e que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, TCLE. E ainda as que não possuíam as seguintes condições clínicas: doenças neurodegenerativas ou infecciosas (HIV/AIDS com carga viral ativa e lúpus eritematoso); insuficiência cardíaca sintomática com os níveis II, III e IV, de acordo com os critérios da *New York Association Heart* (NYAH); sepse nos últimos 12 meses; hepatite C e B em tratamento; pressão arterial pré-exercício de 160 mmHg/100mmHg; disfunção de coagulação ou presença de sinais de tromboflebite; cirurgia nos últimos três meses; arritmia grave, angina ou doença cerebrovascular ou cardiovascular; congestão pulmonar ou edema periférico; cirurgia prévia ou acesso vascular nos membros superiores; e índice tornozelo braquial (ITB) fora das faixas recomendadas ($<0,91$ ou $>1,30$).

Foram excluídos do estudo os participantes que, iniciado o período de intervenção, foram acometidos com algum evento cardiovascular, tiveram recomendações mé-



dicas para deixarem a pesquisa, ou, simplesmente, retiraram o TCLE e desistiram da participação no estudo.

A variável independente foi o treinamento físico de força muscular associado à restrição de fluxo sanguíneo.

As variáveis dependentes foram: medidas hemodinâmicas (pressão arterial, frequência cardíaca, saturação de oxigênio, pressão arterial média e duplo produto), medidas morfológicas (peso, estatura, circunferência de quadril e cintura, relação cintura/quadril, índice de massa corporal e composição corporal), perfil de lesão muscular (CPK, aldolase e Dímero-D), perfil inflamatório (IL-6), risco de sarcopenia e aspectos cognitivos (fadiga e dor)

Como variáveis intervenientes, foram elencadas: a) comportamento alimentar – ingestão de alimentos em quantidades, horários e tipos de refeições ou suplementação nutricional não controlados; b) controle farmacológico – uso de medicação para tratamento das condições clínicas, em horários, quantidades e dias não supervisionados; c) hábitos de estilo de vida não controlados: qualidade e tempo de sono, estado de humor, prática de atividade física de deslocamento, trabalho, lazer e atividades domésticas fora dos ambientes de intervenção.

A pesquisa foi desenvolvida em cinco fases. Na primeira fase (recrutamento), os participantes foram recrutados a partir da abordagem de interesse de ingresso no



estudo nas consultas realizadas no ambulatório de nefrologia do USU-Hupaa-Ufal entre janeiro e julho de 2024.

Na segunda fase (*baseline*), os participantes foram convidados a retornar ao ambulatório do Hupaa, quando lhes foram apresentadas, de forma mais detalhada, as características do estudo, os riscos e benefícios e as condições de participação. Nesse momento, também houve a assinatura do TCLE. Em seguida, foram aplicados os questionários utilizados para investigação. Nas dependências da Ufal-IEFE, foram realizadas as coletas de sangue e urina para análise dos marcadores de lesão muscular, IL-6 e glicemia.

Para finalização da etapa de avaliação dos dados basais, os participantes foram submetidos ao teste de 10 repetições máximas do protocolo de exercício físico de força proposto para a intervenção, bem como receberam a explicação e ancoragem das escalas de percepção subjetiva de esforço (PSE). Em seguida, ocorreu a randomização dos participantes (terceira fase). Utilizou-se o modelo aleatório simples a partir do site <http://www.randomizer.org>, sendo os participantes distribuídos em uma sequência oculta e estratificados pelos percentuais dos grupos da pesquisa, distribuindo-se 25% em cada grupo.

Após 72 horas do término dos testes de 10RM, ocorreu a familiarização dos exercícios propostos para intervenção, com duração de uma semana. Ao término de todo esse



período de avaliações e adaptações, foi iniciada a quarta fase (intervenção), na qual os participantes do estudo dos grupos experimentais iniciaram, no complexo esportivo do IEFE-Ufal, ao longo de 12 semanas, um programa de intervenção de treinamento de força.

Ao final de cada sessão de exercícios, foi utilizada a escala de PSE. Recomendou-se aos participantes não abandonar o tratamento farmacológico pré-estabelecido e não utilizar álcool ou substâncias com cafeína 24 horas antes do treinamento. Enquanto isso, o grupo de controle não recebeu tipo algum de intervenção. No entanto, a fim de garantir as obrigações éticas, após o término de todo período de acompanhamento e avaliação dos participantes, foi disponibilizado, para o grupo de controle, o mesmo protocolo de treinamento com exercício físico proposto ao grupo experimental, de forma gratuita e acompanhada.

Ao término das 12 semanas (reavaliação), na quinta fase, os participantes foram reavaliados nos mesmos protocolos instituídos na avaliação inicial do estudo.

Os protocolos de coleta respeitaram as diretrizes de cada instrumento, testes e medidas, sendo aplicados e (ou) realizados em ambientes propícios para conforto, tranquilidade e diminuição de intercorrências dos participantes.

O questionário sociodemográfico e sobre estilo de vida foi aplicado pelo pesquisador no ambulatório de Edu-



cação Física, no setor da unidade do sistema urinário do HUPAA-Ufal. Trata-se de um questionário semiestruturado, não validado, com questões referentes a idade, sexo, nível de escolaridade, cor de pele, nível de instrução, estado civil, uso de tabaco, álcool e outras drogas, doenças associadas e nível de estágio da DRC.

Para verificar o nível de atividade física utilizou-se o Questionário internacional de atividade física (IPAQ) que é um instrumento validado por Matsudo *et al.* (2001), cujo objetivo é mensurar atividade física habitual de pessoas adultas. O questionário é composto pelas dimensões de trabalho, deslocamento, atividade doméstica e lazer, sendo considerada válida a mensuração do tempo da atividade física realizada durante uma semana, a partir das tarefas a serem realizadas com intensidade de moderada a vigorosa. Para a classificação dos participantes, foram utilizadas, como referências, as recomendações para prática de atividade física do Guia de Atividade Física para a população Brasileira (Brasil, 2021), a saber: < 150 minutos/semana como nível baixo de atividade física; > 150 minutos/semana como participante fisicamente ativo.

Para avaliar o risco de sarcopenia, utilizou-se o SARC-F. Segundo Cruz-Jentoft *et al.* (2019), o *European Working Group on Sarcopenia in Older People* (EWGSOP) a utilização do questionário SARC-F é recomendada como forma de obter autorrelatos dos pacientes que indiquem sinais ca-



racterísticos da sarcopenia. É um instrumento facilmente utilizado em cuidados de saúde, que contém cinco itens, com uma triagem para risco de sarcopenia. Suas respostas se baseiam na percepção dos participantes sobre suas limitações de força, capacidade de caminhar, levantar-se de uma cadeira, subir escadas e experiências com quedas. As classificações seguiram as orientações propostas por Cruz-Jentoft *et al.* (2019): escores de 0 a 3, sem risco para sarcopenia; e de 4 a 10, presença de sarcopenia.

Para mensurar o nível de fadiga, usou-se a escala PIPER. A escala de fadiga é um instrumento multidimensional de autorrelato, composto por 22 itens fechados e quatro itens abertos. Compreende três dimensões de fadiga: comportamental, afetiva e sensorial-psicológica. Cada item apresenta uma escala numérica (0 a 10). O escore total é calculado pela média de todos os itens do instrumento, e os escores das dimensões são calculados a partir da média dos itens contidos em cada dimensão, sendo que os mais altos indicam maior fadiga. Para a classificação da intensidade da fadiga com base no escore total, constituíram-se três níveis: leve (escore maior que 0 e menor que 4); moderada (escore igual ou maior que 4 e menor que 6); e intensa (escore igual ou maior que 6 até 10) (Bahia *et al.*, 2019).

Visando a investigação da dor, utilizou-se Questionário de desconforto percebido (QDP). Este instrumento mensura as localizações e manifestações de intensidade de



dor em escala progressiva, em um mapa corporal (Kuorinka *et al.*, 1987). Além da localização da manifestação da dor, o instrumento também permitiu a atribuição da intensidade em uma escala de 1 a 5, a saber: nenhum desconforto ou dor, 1; pouco desconforto ou dor, 2; moderado desconforto ou dor, 3; muito desconforto ou dor, 4; extremo desconforto ou dor, 5.

Em termos hemodinâmicos, avaliou-se a pressão arterial diastólica e sistólica aferida em repouso de 10 minutos, com o esfigmomanômetro *Premium (ML 177*, braçadeira em *nylon* com 52x6cm e manômetro 0- 300mmHg), sendo considerados, como ponto de corte para a realização da intervenção, os valores 160mmHg x 105 mmHg (Monteiro; Sobral Filho, 2004). Com esses dados, foram avaliados a pressão arterial média e o duplo produto.

A frequência cardíaca e a saturação de oxigênio foram aferidas em repouso de 10 minutos, com um oxímetro G-Tech Modelo 300C21. Foram considerados os valores de corte para a realização de intervenção > 150 BPM e < 70 SPO₂.

O índice tornozelo-braquial se configura como a aferição das pressões sistólicas nos membros superiores (artéria braquial) e membros superiores na altura do tornozelo (artéria tibial posterior ou pediosa). Em estudos clínicos, esse índice pode ser usado como exame complementar não invasivo, auxiliar no diagnóstico da doença arterial obstrutiva periférica (Makdisse, 2004).



Para a realização da avaliação, foram feitas aos sujeitos as seguintes recomendações: não ingerir bebida cafeinada alguma; não fumar; não ter se alimentado há mais de 40 minutos; e não ter feito exercícios físicos nos últimos 30 minutos. Foram considerados, como indicadores importantes para evitar os eventos de risco cardiovascular, os valores dentro da faixa de 0,91 a 1,30 mmHg.

Visando manejar as medidas pressóricas para a implementação da RFS durante a intervenção física, utilizou-se a pressão arterial de insonação (PIN), sendo adotado o seguinte procedimento: com os participantes em decúbito dorsal, foi realizada a ausculta do sinal pressórico nas artérias braquial (membros superiores) e pediosa (membros inferiores), sendo estimulados por meio de um torniquete pneumático *Premium*, modelo ML177, fixado na região proximal da axila, com largura de 52x14,5cm, e, na região proximal da coxa, com largura de 78x21cm, com leitura de 300mmHg.

O torniquete foi inflado até o ponto em que a pressão insonação das artérias tibial posterior e braquial fosse interrompido, reconhecendo-se esse como o ponto de corte total para a restrição de fluxo sanguíneo (Gil *et al.*, 2017). A ausculta foi verificada no membro ocluído durante o protocolo, utilizando-se o aparelho *Doppler Vascular Portátil MEDPEJ*, modelo DF7001. O transdutor do aparelho foi colocado sobre a pele, utilizando-se gel de acoplamento, e, no



trajeto do membro, utilizou-se uma inclinação de aproximadamente 60° em relação ao eixo longitudinal do vaso.

Após identificada a medida pressórica de restrição, foi utilizado o valor de 50% desse pulso da pressão em mmHg para as sessões do protocolo de intervenção de exercício de força, para este estudo.

Em termos de medidas morfológicas, foi aferido o peso, com a utilização de uma balança digital *Filizola*, modelo *Personal Line*, com capacidade máxima para 150 kg; e, para a estatura, um estadiômetro portátil com capacidade para 200 cm. Ambos foram utilizados segundo metodologia indicada pelo Ministério da Saúde (Brasil, 2020). Após a obtenção do peso e da estatura, foi calculado o índice de massa corporal (IMC), por meio da razão entre o peso corporal e a estatura ao quadrado (kg/m^2). Para o cálculo do IMC, foram considerados o peso, a estatura e os valores de referência preconizados pela OMS (1995).

A circunferência da cintura foi medida no nível do umbigo, no final da expiração, com uma fita métrica de plástico flexível, enquanto os indivíduos permaneciam em pé, com o peso igualmente distribuído em ambos os pés e a cabeça voltada para frente. A média das três medidas foi considerada para as análises (Bazanelli *et al.*, 2012).

A circunferência da panturrilha foi utilizada como medida alternativa para mensurar a massa muscular, tendo



como ponto de corte 33 cm para mulheres e 34 cm para homens, segundo o estudo de Pagotto *et al.* (2018), que desenvolveram propostas com a circunferência de panturrilha para rastreamento da sarcopenia em mulheres idosas. Para as demais faixas etárias, foram seguidos os critérios estabelecidos nos estudos de Rolland *et al.* (2003).

A avaliação da composição corporal foi feita por bioimpedância elétrica tetrapolar. Foi realizada com um aparelho portátil padrão tetrapolar, Sanny®, modelo 1010. Foram seguidos os critérios e procedimentos propostos pelo próprio manual do equipamento para a realização do exame. O ângulo de fase foi determinado pela análise da BIA, que é a relação entre reactância e resistência que os tecidos corporais oferecem.

As coletas de sangue e urina para as análises bioquímicas foram realizadas no USU-Hupaa-Ufal. A coleta de sangue para análise de inflamação celular (IL-6) e lesão muscular (Creatinofosfoquinase/CPK, aldolase e dímero D) foi realizada por laboratório particular, DILAB (Maceió, Alagoas).

No momento da coleta de sangue para as análises indicadas acima, uma parte da amostra foi reservada para análises adicionais. Foram coletados três tubos para a realização dos ensaios de determinação mediadores inflamatórios (dois sem anticoagulante e um com ácido etilediamino tetra-acético, heparina). As amostras de sangue



para a realização dos ensaios bioquímicos foram mantidas em caixa térmica, com gelo, e imediatamente encaminhadas ao laboratório contratado, onde foram centrifugadas (4.000 rpm/10 min a 4 °C) e armazenadas a -80 °C até o momento das análises.

Para análise dos resultados das amostras, foram utilizados os seguintes métodos: cinético U.V (CPK), imunoturbimetria (Dímero-D) e enzimático (Aldolase).

Para a avaliação dos níveis de glicose, as coletas foram realizadas no Laboratório de Pesquisas em Exercício Físico e Metabolismo (LAPEFIM) do IEFÉ da Ufal.

Para os marcadores bioquímicos (glicose) foi utilizado o aparelho *free sytle libre* – Abbott (Modelo 71546-1) e coletada uma gota sanguínea para análise. Para os testes sanguíneos, não foram realizados períodos de jejum.

Em termos de avaliação física e verificação da progressão de carga do treino, utilizou-se o teste de 10 repetições máximas (10RM). De acordo com o *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2009), na avaliação da quantidade de carga para uma sessão de treinamento, é necessária a realização de testes de repetição máxima, que se referem a uma quantidade sequencial de tentativas de exercícios no modelo bilateral de extensão e flexão de joelhos e cotovelos. Optou-se, por conta das condições clínicas dos partici-



pantes, pelo teste de 10RM, conforme diretrizes de Vieira *et al.* (2020; 2022).

O protocolo de intervenção com treinamento de força muscular desta investigação foi descrito no artigo Caetano *et al.* (2025). Ele foi realizado durante 12 semanas, com três sessões semanais não consecutivas (totalizando 36 sessões), 4 ciclos de intensidade, nas dependências do IEFE da UFAL, onde se realizaram 6 (seis) exercícios, a saber: supino reto com halteres, extensão do quadril, tríceps na polia alta, remada sentada, mesa flexora, rosca direta, *leg press* 45°, desenvolvimento com halteres e panturrilha no *leg press* 45°. Em todos os grupos, após a 6ª semana, houve uma nova avaliação do teste de 10RM para ajuste de carga para ser aplicada a partir da 7ª semana.

Além disso, nos grupos de intervenção, os exercícios seguiram o tempo marcado por um metrônomo digital modelo DIGIPOM versão 1.2.0, com emissão de som digital no tema índigo, com um ritmo de 2 toques no compasso (cadência) 2/4, equivalentes a 48 batidas por minuto.

Foram aferidas a PA, FC e SPO₂ antes do início e após o término de cada sessão, ao longo de todo o período de intervenção da pesquisa.

Durante a realização da sessão de intervenção, os efeitos da intensidade do exercício no participante foram mensurados através da escala de percepção subjetiva de



esforço de Borg (PSE-BORG). O instrumento consiste em uma escala que serve como instrumento para identificar e mensurar a sensação de esforço durante uma tarefa física (Kaercher *et al.*, 2018). A escala adaptada de BORG se divide em 5 índices: Zona 1, fraco (<70% do esforço); Zona 2, moderado (70 a 80% do esforço); Zona 3, moderado a intenso (80 a 85% do esforço); Zona 4, intenso ou muito intenso (85 a 90% do esforço); Zona 5, exaustão (> 90% do esforço). Por fim, foi mensurada a escala de sensações afetivas para exercício físico, conforme propõe Hardy & Rejeski (1989), antes e ao término do treinamento.

A análise estatística foi conduzida no ambiente R (R Core Team, 2024), com o objetivo de investigar comparações intra e intergrupos ao longo do tempo, bem como modelar efeitos fixos e aleatórios por meio de modelos lineares mistos. Foram adotados diferentes testes conforme a estrutura dos dados e as pressuposições de normalidade.

Para a validação da amostra, adotou-se o modelo intenção de tratar, tendo em vista a frequência média total estar dentro dos objetivos proposto por esta investigação, a saber, 85% das sessões.

Inicialmente, houve verificação da normalidade das variáveis por meio do teste de Shapiro-Wilk. Quando a distribuição normal foi confirmada, aplicou-se o teste t pareado para comparar as medidas entre os tempos dentro de cada grupo.



Nos casos em que a suposição de normalidade não foi atendida, empregou-se o teste de *Wilcoxon* para dados pareados.

A comparação entre os grupos, restrita ao tempo 1 (pós-intervenção), foi realizada utilizando-se a análise de variância de uma via (ANOVA) para variáveis com distribuição normal. Quando a suposição de normalidade não foi satisfeita, aplicou-se o teste de *Kruskal-Wallis*, e as comparações par a par foram realizadas por meio do teste de *Dunn*, com correção de *Bonferroni* (Ogle; Wheeler; Dinno, 2021).

Para estimar a magnitude das diferenças entre tempos dentro de cada grupo, calculou-se o tamanho do efeito por meio do coeficiente de Cohen's d para medidas pareadas (Torchiano, 2020). Os intervalos de confiança de 95% foram obtidos com base na variabilidade das diferenças emparelhadas. No tempo 1, eles foram estimados com base no coeficiente de Cohen's d para amostras independentes, utilizando-se como referência o Grupo RFS. Para tanto, foi calculada a diferença entre médias padronizada pelo desvio padrão agrupado, conforme a metodologia tradicional descrita por Cohen. Para a escala do tamanho do efeito, foi utilizada a proposta por Rhea (2004): $d < 0,35$, tamanho de efeito trivial; $0,35 \geq d < 0,8$, baixo tamanho do efeito; $0,8 \geq d < 1,5$, tamanho do efeito moderado; e $d \geq 1,5$, grande tamanho do efeito.

Para todas as análises foi considerado o valor de significância $p \leq 0.05$.



Dito isso, o relato desta investigação será apresentado em capítulos. No capítulo 1, serão discutidos os aspectos conceituais sobre DRC, exercício físico e RFS, alinhados com um debate sobre as evidências científicas. O capítulo 2 se dedica a uma apresentação das características sociodemográficas e do estilo de vida dos participantes do estudo, bem como descreve o percurso de seu recrutamento e os índices de adesão ao protocolo de treinamento de força muscular.

Nos capítulos subsequentes, a intenção é apresentar os resultados e fazer uma discussão referenciada das variáveis aqui propostas para serem investigadas, a saber: medidas morfológicas, glicêmicas (glicose) e inflamatórias (IL-6) (Capítulo 3); medidas hemodinâmicas, pressão arterial, frequência cardíaca, saturação de oxigênio, duplo produto, pressão arterial média e pressão de pulso (Capítulo 4); medidas de lesão muscular (CPK e Aldolase) e risco de trombose (Dímero-D) (Capítulo 5); e medidas de fragilidade muscular (risco de sarcopenia, nível de dor e fadiga) (Capítulo 6).

Evidentemente que o debate sobre o assunto não se esgota nessas linhas, mas a intenção é desencadear uma discussão científica, pondo luz em uma população que vem crescendo significativamente e transformando a DRC, hoje, em um problema real de saúde pública.



CAPÍTULO 1

DRC, EXERCÍCIO FÍSICO E RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO: ASPECTOS CONCEITUAIS

O presente capítulo tem por objetivo apresentar uma análise dos principais temas incluídos nesta investigação: doença renal crônica, exercício físico e o método de restrição de fluxo sanguíneo. A intenção é apresentar alguns elementos conceituais norteadores, bem como uma breve exposição conectada com a produção científica em torno da temática abordada.



Doença renal crônica

A DRC, atualmente, já tem sido considerada como um problema de saúde pública, tendo em vista que, em recente censo da Sociedade Brasileira de Nefrologia, apontou-se que mais de 62.617 pessoas, no Brasil, se encontram em tratamento de hemodiálise (SBN, 2023), com um perfil epidemiológico médio de homens (59%) com idade entre 45 e 64 anos. Não é à toa que, em 2023, a DRC passou a ser incluída na Atenção Primária à Saúde (APS) do Sistema Único de Saúde (SUS) como uma doença de rastreamento, tal qual a HAS e a DM. Sem

dúvida, esta mudança tem por intenção a busca de diagnósticos mais precoces para o desenvolvimento dos manejos de tratamento, de modo a evitar o aumento dos gastos públicos com o tratamento hemodialítico.

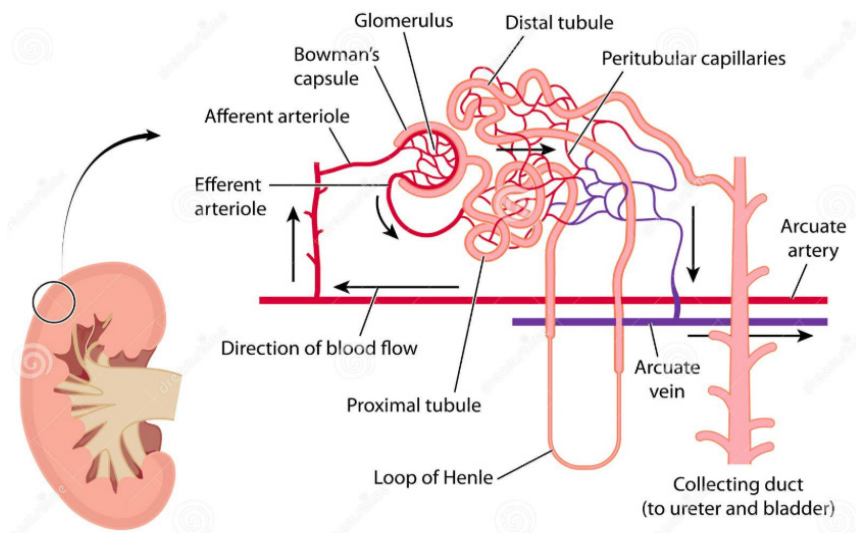
A DRC é uma lesão no parênquima renal de forma irreversível, progressiva e crônica, ocasionado uma perda gradativa da função dos rins (KDIGO, 2026; 2024). O dano leva à diminuição da atividade dos néfrons, modificações eletrolíticas e desregulação no sistema renina-angiotensina, potencializando uma elevação dos níveis pressóricos, a perda de proteína na urina (proteinúria), uma hiperfiltração adaptativa e glomeruloesclerose segmentar difusa (Riela; Martins, 2013). A doença se torna sistêmica tendo em vista o papel hormonal, hemodinâmico, eletrolítico e de funcionamento ósseo regulado pelo sistema renal.

A HAS e DM são consideradas as comorbidades de base para instauração e aceleração da DRC. Isso porque a pressão arterial comprime os vasos sanguíneos, promovendo sua deterioração e prejudicando, também, o aumento da expressão de açúcar no processo de filtração (Rennke; Denker, 2009; Akchurin, 2019). No entanto, outras condições clínicas ainda podem levar a quadros de DRC, como nefrite (inflamação renal), cistos hereditários (causas genéticas), infecção urinária de repetição (injúria renal), má formação congênita da anatomia renal e doenças reumatológicas (lúpus eritematoso sistêmico) (Charles; Ferris, 2020). Além disso, causas comportamentais, como má



alimentação, baixos níveis de atividade física, consumo elevado de álcool, fumo e uso desregulado de anti-inflamatórios podem ser fatores de risco para acelerar a progressão da doença (KDIGO, 2026; 2024).

Figura 1 – Processo de filtração glomerular e produção da urina



Fonte: adaptado de: <https://pt.dreamstime.com/ilustra%C3%A7%C3%A3o-stock-o-rim-e-o-nephron-image61090817>. Acesso: 10 out 2025.

O diagnóstico da DRC tem como base o uso de imagens (em casos de alterações morfológicas dos rins), biópsia e o acompanhamento da taxa de filtração glomerular (TFG). De acordo com Rennke e Denker (2009), a TFG é constituída pelo conjunto das taxas de filtração de todos os néfrons, em

que cada rim possui em torno de 800.000 unidades. O processo de filtração se dá pela Lei de Starling, segundo a qual os líquidos atravessam os glomérulos via pressão hidráulica e oncótica para retenção de solutos e excreção de metabólitos durante a formação da urina. A Figura 1 apresenta o processo filtração glomerular e a constituição urinária. Nesse sentido, percebe-se que ele se inicia no glomérulo, se estendendo, por reabsorção dos metabólitos, no túbulo proximal, na alça de Henle, no túbulo distal e em reperfuções no ducto coletor, culminando na excreção urinária no final desse processo.

O metabólito determinante, nesse procedimento, é a creatinina. Formada pelo metabolismo da creatina no músculo esquelético, esse marcador se tornou essencial pelo fato de sua filtração ser facilitada pelos glomérulos, não sendo sintetizada, reabsorvida ou metabolizada pelos rins (Rennke; Denker, 2009). A excreção de creatinina pelo túbulo proximal tem como valor médio 95 ± 20 mL/min para mulheres e 120 ± 25 mL/min em exames de creatinina de 24 horas, exame considerado padrão-ouro para determinação de diagnóstico e progressão da DRC.

No entanto, em âmbito clínico, a análise da creatinina sérica em jejum já apresenta um prognóstico do *status quo* da função renal dos indivíduos, mas deve ser levada em consideração a realização das equações para estimar a TFG. Isso porque os valores isolados de creatinina não conside-



ram a idade e o sexo dos indivíduos, podendo trazer informações imprecisas sobre o estado da função renal.

Assim, para a estimativa da TFG com base na creatinina, usam-se critérios como idade, sexo e valores de creatinina sérica, expressos na equação de TFGe-CKD-EPI: $42 \times \text{min}(\text{creatinina sérica/sexo padronizado}, 1)^\alpha \times \text{max}(\text{creatinina sérica/sélica padronizado}, 1) - 1,200^\alpha \times 0,9938 \text{ idade em anos}^\alpha \times 1,012 [\text{se mulher}]$ (Inker; Eneanya; Coresh, 2021). A partir do resultado, pode-se classificar a fase na qual se encontra o indivíduo com DRC, conforme pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Prognóstico de insuficiência renal crônica por TFG e categorias de albuminúria

Prognóstico da doença renal no diabetes conforme categorias da taxa de filtração glomerular e albuminúria				Albuminúria persistente (mg/g)		
				A1	A2	A3
				Normal/levemente aumentado	Moderadamente aumentado	Muito aumentado
				< 30	30-300	>300
Categorias da TFG (ml/min/1,73m²)	G1	Normal ou aumentado	>90			
	G2	Levemente reduzida	60-89			
	G3a	Leve a moderadamente reduzida	45-59			
	G3b	Moderada a gravemente reduzida	30-44			
	G4	Gravemente reduzida	15-29			
	G5	Falência renal	<15			

Risco para terapia substitutiva (diálise ou transplante renal)

	baixo	moderado	alto	muito alto
--	-------	----------	------	------------

Fonte: KDIGO (2024).



A albumina é um outro marcador utilizado para diagnóstico da DRC, tendo em vista o fato de se constituir como uma proteína solúvel no plasma sanguíneo. Sintetizada no fígado, ela contribui para a pressão oncótica nos vasos sanguíneos, sendo usada como transportadora de hormônios, ácidos graxos e substâncias farmacológicas, reserva de aminoácidos, com ação antioxidante (Khosla; Sarafidis; Bakris, 2006). Valores normais, em indivíduos adultos, devem estar entre 3,5 e 5,0 g/L. O aumento da expressão desse metabólito na urina configura o estado de microalbuminúria, cujos índices de referência devem se encontrar entre 30 e 299 mg/g, pois, acima de 300 mg/g, instaura-se o quadro de macroalbuminúria.

Usando-se com referência esses dois marcadores, a DRC possui cinco estágios – G1 ($>90 \text{ mL/min/1,73m}^2$), G2 ($60\text{--}89 \text{ mL/min/1,73m}^2$), G3a ($59\text{--}45 \text{ mL/min/1,73m}^2$), G3b ($30\text{--}44 \text{ mL/min/1,73m}^2$), G4 ($15\text{--}29 \text{ mL/min/1,73m}^2$) e G5 ($<15 \text{ mL/min/1,73m}^2$) –, conforme pode ser observado na Figura 2.

Costumeiramente, os estágios G1 e G2 são definidos pela evidência de dano renal, usualmente albuminúria ($>30 \text{ mg/g}$ ou $>3 \text{ mg/mmol}$), com TFG $>60 \text{ mL/min/1,73m}^2$. Enquanto isso, no G3, dividido em duas fases (a e b), a doença se encontra instaurada, os sintomas são mais perceptíveis e há variação menor na TFG. Para o G4, a progressão se encontra avançada, e já pode haver uma indicação de preparativo para a construção do acesso para terapia renal substituti-



va (TRS), como a fistula arteriovenosa (FAV). E, por fim, no G5, com a falência renal, poderá ser iniciada a TRS, com a recomendação de hemodiálise ou diálise peritoneal, até a possibilidade de transplante renal (Morales; William, 2024). Enquanto a perda da atividade completa dos rins não acontece (G1 a G4), o modelo de tratamento é denominado de conservador (TC) ou não dialítico. No entanto, cabe mencionar que a expressão TC tem sido, costumeiramente, mais usada no âmbito clínico, enquanto não dialítico, em periódicos científicos.

Para além dessas referências, sabe-se que a creatinina pode ser influenciada diretamente pela quantidade de massa muscular dos indivíduos, sobretudo por ser um metabólito fruto do musculo esquelético, levando, invariavelmente, a uma superestimação entre 10% e 20% dos resultados. Nesse caso, em termos clínicos, a cistatina-C tem sido uma outra substância utilizada para rastreamento da função glomerular, especialmente em pessoas que possuam uma composição corporal avolumada, não sendo determinada, inclusive, pelo sexo e pela idade dos indivíduos (Arias, *et al.*, 2005).

A cistatina C, por ser uma proteína produzida em todas as partes do corpo, possui uma liberação constante no sangue. No processo de filtração glomerular, sua absorção ocorre nos túbulos proximais, tendo baixa incidência na urina e tendo, em condições normais, a referência de 0,62



a 1,11 mg/L, em ambos os sexos (Huidobro; Guzmán; Tagle, 2021). Para a estimativa da filtração com base na cistatina C, utiliza-se a fórmula: $133 \times \min(\text{cistatina sérica}/0,8, 1) - 0,499 \times \max(\text{cistatina sérica}/0,8, 1) - 1,328 \times 0,996 \text{ Idade} \times 0,932$, se mulher (Inker; Schmid; Tighiouart, 2012).

Em nosso estudo, a população escolhida para avaliação é constituída de pessoas no estrato 3 da DRC, momento intermediário da doença e, também, crucial para os manejos clínicos e comportamentais. Nessa fase, talvez, se avolumem os sintomas, como diminuição da produção de urina, edemas (retenção líquida), inchaços, perda do apetite, sonolência, falta de ar, aumento da pressão arterial, dor ou pressão no peito, e, em casos mais graves, confusão mental, náusea, vômitos e convulsões (Levey *et al.*, 2020).

O TC poderá incluir: controle da pressão arterial (130/80 mmHg) e glicêmico (glicemia em *jejum* <140mg/dL e Hb1c < 7%); interrupção dos hábitos de consumo álcool e tabaco; uso de medicamentos para controle de proteinúria, distúrbios ósseos, anemia, acidose sanguínea e dislipidemia; orientação nutricional para restrições de consumo de proteína e alimentos ricos em fósforo e potássio; e, evidentemente, incentivo à prática de atividade física e diminuição do comportamento sedentário (SBN, 2021).

A relação entre DRC e atividade física/exercício físico tem sido estudada pelos pesquisadores ao longo dos anos.



As primeiras constatações se referem ao baixo nível de atividade física de pessoas com DRC, independentemente do estágio em que se encontram (Caetano *et al.*, 2022; Caetano *et al.*, 2023; Caetano, 2024), o que pode dificultar, automaticamente, as tentativas de mudança do estilo de vida que incluam a inserção do exercício físico nas atividades diárias dessa população.

Exercício físico

Para a compreensão do conceito de exercício físico, é necessário entender as categorizações possíveis sobre movimento corporal humano.

A atividade física é considerada como qualquer movimento musculoesquelético voluntário do corpo que possibilite um gasto energético acima dos níveis basais, e pode ser realizada de forma individual e (ou) em grupo, abrigando as dimensões de trabalho, lazer, doméstica e deslocamento (Brasil, 2021).

A importância da prática de atividade física para a saúde dos sujeitos foi destacada, pela primeira vez, no trabalho de Morris e Crawford (1958), o qual indicou que os níveis de atividade física de motoristas e cobradores de ônibus londrinos indicavam desfechos para aumento de incidência de doença coronariana e mortalidade por doenças cardiovasculares. Tal estudo colaborou para o aumento das



investigações sobre a associação entre prática de atividade física e mortalidade por várias causas, nas décadas de 60 e 70, contribuindo para que o *American Heart Association* e o *American College Sports of Medicine* sinalizassem os benefícios da atividade física para a melhoria cardiorrespiratória, associando aptidão física e saúde.

Nesse cenário, a Organização Mundial de Saúde (OMS) vem, historicamente, recomendando os níveis básicos de frequência e intensidade de atividade física da população mundial para a aquisição de saúde, atualizados, em 2021, pelo Ministério da Saúde, com a recente publicação do Guia de Atividade Física para a População Brasileira (Brasil, 2021). Para pessoas adultas e (ou) com doenças crônicas, as recomendações sugerem um total de 150 mim/semana de atividades aeróbicas e (ou) 75 min/semana para atividades de força.

No entanto, quando o movimento corpóreo é realizado de maneira planejada, sistematizada, com determinada frequência, duração e intensidade, visando o aperfeiçoamento de variáveis da aptidão física (composição corporal, força, flexibilidade ou condicionamento cardiorrespiratório), ele pode ser classificado como exercício físico (Caspersen, Powell & Christenson, 1985). De acordo com Barbanti (2011), o objetivo específico deve estar voltado para o rendimento ou desempenho humano (*performance* física ou saúde).



Contudo, não há uma diretriz específica para manejos gerais do exercício físico, como ocorre, por exemplo, com a prática de atividade física. Mas, de acordo com o objetivo de sua utilização (saúde, rendimento ou reabilitação), existem diversos modelos de treinamento (aeróbico, de força, flexibilidade, velocidade) que apresentam metodologias de ganhos de *performance*, aptidão física, habilidade motora e melhorias em desfechos em saúde (morfológica, hemodinâmica, metabólica, molecular, inflamatória e psicológica) (Barbanti, 2011).

O treinamento de força muscular (TFM) é um tipo de exercício físico voltado especificamente para o desenvolvimento dos músculos, bem como o aumento da força máxima, força rápida (potência) e resistência, podendo ser trabalhado de forma generalizada (grandes grupos musculares) ou específica (pequenos grupos musculares) (Barbanti, 2011). Por conta da imensa demanda metabólica aguda e crônica, o TFM favorece aspectos da saúde morfológica e fisiológica da musculatura esquelética, trazendo benefícios, de forma geral, a seus praticantes (Ainsworth *et al.*, 2000; Garber *et al.*, 2011; Kelly; Villena; Pomp, 2015).

O *American College of Sport Medicine* (ACSM) recomenda para a população adulta, o treinamento de força com uma frequência ≥ 2 sessões/semana, intensidade individualizada, com cargas acima de 80% 1RM para ganhos de força, utilizando-se de exercícios para grandes músculos



e volumes de 2–3 séries/sessão com uso de barras, faixas elásticas e/ou peso corporal (ACSM, 2026).

A melhora na aptidão física e na capacidade funcional para a realização das tarefas diárias, o aumento de aspectos da cognição e a elevação da autoestima podem ser reportadas como efeitos gerais do TFM. Em termos de saúde fisiológica, acrescenta-se a diminuição da gordura visceral, regulação na pressão arterial, redução dos níveis glicêmicos e sensibilidade à insulina, alterações nas taxas lipídicas, fortalecimento ósseo, diminuição da sarcopenia e amenização de incidência de dores (Westcott, 2012; Seyd-Abdul, 2021).

Os benefícios do exercício físico para pessoas com doenças e agravos à saúde vêm sendo sistematicamente reportados pela ciência (Raso; Greve; Polito, 2013). Tais recomendações não se alteram para pessoas com DRC. No início do tratamento da doença, houve muitas restrições envolvendo essa população, sobretudo por conta da debilidade física, da diminuição da capacidade funcional e da fadiga oriundas do tempo de exposição na HD. Todavia, rapidamente, se desenvolveu a constatação da potencialidade da força muscular na recuperação da resistência muscular como mecanismo de promoção da melhora da massa corporal para o desenvolvimento das tarefas diárias.



Em estudos clínicos pioneiros, Cheema e Singh (2005) e Johansen *et al.* (2006) apresentaram os benefícios da utilização de exercícios dinâmicos com essa população, estabelecendo os parâmetros de frequência de 3 a 4 vezes por semana, com séries de 10 a 12 repetições, intensidade de 30 a 75% de 1RM (repetição máxima). Além disso, outras investigações já reportaram que o exercício físico pode favorecer a melhora da TFG (Greenwood, 2015; Toyama *et al.*, 2010), alterações positivas no âmbito morfológico (Zhang, 2019; Howden, 2015), ganhos de massa e força muscular (Lee; Jung; Kim, 2018), minimização de incidência de comorbidades (Greenwood *et al.*, 2021; Toyama *et al.*, 2010; Kiuchi; Chen, 2017) e benefícios para percepção na qualidade de vida (Lima *et al.*, 2021; Pretto *et al.*, 2020; Zhang; Guo; Ming, 2020).



Restrição de fluxo sanguíneo

Foi a partir de Yoshiaki Sato, nos idos de 1966, que houve o desenvolvimento do método de restrição de fluxo sanguíneo (RFS). Tal método passou a ser denominado de *kaatsu*, que, em japonês, pode ser traduzido como pressão. De acordo com Rodrigues Neto *et al.* (2021), o método também teve uma difusão com a ideia de oclusão vascular, posteriormente abandonada pela percepção de que, durante o processo de treinamento, não havia uma interrupção do fluxo por completo e, sim, apenas uma restrição dele.

Figura 3 – Posicionamento do *cuff* e material utilizado para restrição de fluxo sanguíneo



Fonte: Caetano (2025).

Todavia, a difusão do método só ocorreria nos anos 2000, a partir dos resultados apresentados por Takarada *et al.* (2000), que se debruçou na investigação sobre os efeitos desse tipo de treinamento na função muscular. A principal constatação observada foi o aumento do ganho da força e hipertrofia muscular de maneira mais acelerada do que nos métodos tradicionais, utilizando-se de uma carga baixa (20 a 30% de 1RM) e com a inclusão de uma resistência estabelecida por uma banda elástica e (ou) esfigmomanômetro nas extremidades dos membros superiores e (ou) inferiores, conforme demonstra a Figura 3.

Assim, o método, segundo Rodrigues Neto *et al.* (2021, p. 113), podia gerar benefícios como: “aumento da força, hipertrofia muscular, resistência muscular localizada, capacidade funcional, e, além disso, pode ser utilizado de forma segura em relação a hemodinâmica”. Isso ocorre,



porque em termos fisiológicos, o método promove o aumento da expressão de metabólitos, diminuindo o pH, que, em consequência, gera uma ativação dos metaborreceptores, elevando as vias eferentes III e IV. A partir disso, ocorre uma inibição do motoneurônio α e aumento acelerado da produção do GH, ocasionado uma diminuição da atuação das fibras tipo I (vermelhas) e aumentando a atuação das fibras tipo II (brancas). Em síntese, o método promoveria uma condição anaeróbica máxima no momento do treinamento. O mecanismo fisiológico do método foi descrito por Loenneke, Wilson, G. e Wilson, J. (2010) e pode ser verificado na Figura 4.

Figura 4 – Mecanismo fisiológico da restrição de fluxo sanguíneo

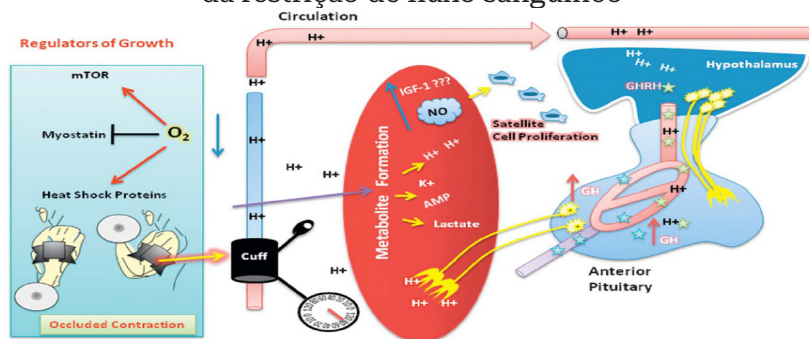


Fig. 1 Mechanisms by which blood occlusion training increases strength and muscular Hypertrophy. Arrows indicate stimulation, and blocked lines indicate inhibition. HSP=Heat shock proteins, GH=Growth Hormone, NO=Nitric oxide, IGF-1=Insulin like growth factor, GHRH=Growth Hormone Releasing Hormone.

Legenda – HSP, proteínas de choque térmico; GH, hormônio do crescimento; NO, óxido nítrico; IGF-1, fator de crescimento semelhante à insulina; GHRH, hormônio de liberação do hormônio do crescimento.

Fonte: Loenneke, Wilson, G. e Wilson, J. (2010).

De uma forma geral, no que se refere às estratégias de restrição para o treinamento com RFS, ele pode ser realizada de três formas: I) isquemia pré-condicionante (IPC), ou pré-condicionamento isquêmico; II) condicionante isquêmico ou isquemia condicionante (IC); e III) a isquemia pós-condicionante (IPOC) ou pós-condicionante isquêmico.

A IPC é o método utilizado antes do exercício ou sem a existência de um exercício. No entanto, a isquemia deve ser feita com o sujeito em repouso (deitado ou sentado). É empregada, muitas vezes, como forma de reabilitação muscular, tendo em vista os efeitos positivos da isquemia prolongada e da reperfusão (Murray; Jennings; Reimer, 1986). Sua realização se dá por desenvolvimento de ciclos que se revezam em cinco minutos com RFS e cinco minutos sem a oclusão vascular (Cirilo-Sousa *et al.*, 2025).

A IC é o método cuja oclusão vascular se dará durante a execução de um exercício (aeróbico ou anaeróbico). Nesse caso, a restrição pode ser realizada de forma intermitente, havendo a interrupção da oclusão durante os intervalos das séries, ou contínua, em que o material utilizado para isquemia não é interrompido no momento do descanso. Em sua aplicabilidade técnica, usam-se baixas cargas (com percentuais entre 20 e 30% de 1RM) ou baixa intensidade, combinadas com a RFS promovida pelo uso de bandas elásticas ou esfigmomanômetros-padrão (Sato, 2005; Cirilo-Sousa & Rodrigues Neto, 2018).



Em termos de estrutura do treinamento, estudos apontaram para a execução entre três e quatro séries (30x15x15 ou 30x15x15x15), com intervalo de 30 segundos, visando aumento da força, hipertrofia e resistência muscular (Laurentino, 2010). Muitas investigações ajustaram essas repetições, reduzindo seu número para entre 45 e 65, mas distribuídas em uma série maior, ou três séries com menores repetições, dependendo do público-alvo. Tais modelos ajustados apresentaram efeitos positivos no desempenho para populações específicas, como idosos (Pereira, 2016).

O IPOC é condição de restrição de fluxo sanguíneo, realizada necessariamente após o treinamento, tendo as mesmas características do IPC no que refere à utilização de ciclos e temporalidades. Sobre esse modelo, ainda há poucos estudos e evidências.

Para o aumento da hipertrofia muscular, recomenda-se que o treinamento com restrição de fluxo sanguíneo tenha duração de, no máximo, quatro semanas. Já para o aumento da força muscular, recomenda-se não ultrapassar 10 ou 12 semanas de intervenção, e, após esse período, voltar à condição tradicional de intervenção. Entretanto, ainda se fazem necessárias mais pesquisas com tempo de treino, especialmente a observação crônica de maneira longitudinal para os efeitos desse tipo de método associado ao treinamento de força. Por fim, a frequência pode ser realizada de duas a três vezes por semana (Cirilo-Sousa *et al.*, 2025a).



Em se tratando do uso do método de RFS para pessoas com DRC, há indícios de que ele pode ser interessante para sujeitos que não conseguem desenvolver treinamentos com cargas elevadas (Hughes *et al.*, 2017). Naturalmente, por conta da progressão da doença, existe uma perda da função muscular, da força muscular, aumento da fragilidade e incapacidade de mobilidade, bem como manifestações de quadros sarcopênicos que aceleram o processo de avanço para outros estágios (Wilkison *et al.*, 2020). Desse modo, o método de RFS tem sido aviltado como aliado para recuperação muscular e da função física das pessoas acometidas pela DRC.

De acordo com Rus (2005), existem possibilidades de ganhos metabólicos, pressóricos e renais com esse treinamento, principalmente para pacientes em estágios 4 e 5, em que há a necessidade de construção da fístula arteriovenosa para o início da hemodiálise.

O quadro posto a seguir foi construído a partir das informações da revisão de literatura realizada por Rolnick *et al.* (2022) e pode sintetizar as implicações do treinamento com restrição de fluxo para pessoas com DRC.

No âmbito da função física e na capacidade funcional, pessoas em tratamento de hemodiálise possuem um aumento do catabolismo proteico, favorecendo a perda da massa magra, atrofia muscular, formação de quadros sarcopênicos e fragilidade. Tais condições podem ser atenuadas durante a



o acompanhamento clínico conservador a partir da adoção da prática de exercício físico e do controle nutricional.

Quadro 1 – Síntese das implicações do treinamento com restrição de fluxo sanguíneo em pessoas com doença renal crônica

Dimensões	Tratamento conservador	Terapia renal substitutiva
Aptidão física, função física e medidas nutricionais	↑ Força dinâmica e isométrica para membros superiores e inferiores	↑ Força isométrica
Respostas cardiovasculares e função renal	↓ Pressão arterial em 24 horas Adaptação potencial ao estímulo isquêmico Melhora na função autonômica ↑ Δ dos intervalos do R-R e desvios em N-N Melhoras na TFG, cistatina C e creatinina	Melhora na adequação dialítica (KtV) Melhora nas respostas urêmicas
Diâmetro das artérias e veias	↑ Diâmetro das artérias e vasos no antebraço ↑ Pressão venosa no antebraço ↑ Diâmetro da arterial radial	↑ Diâmetro das artérias e vasos no antebraço ↑ Vasodilatação do endotélio
Efeitos bioquímicos e moleculares	↓ TNF- α e IL-18 Melhora no FGF-23, IL-10 e IL-5 ↓ Vasopressina, ADMA, F2-Isoprofano ↑ Angiotensina 1-17 e NO ₂	Melhora no Δ MPO e Δ PN1 Homeostase glicêmica Melhora no perfil lipídico Alterações positivas no PCR e TG

Fonte: Rolnick et al. (2022).



A manutenção desses hábitos contribui para a consolidação de níveis adequados na TFG, creatinina e cistatina C, e o treinamento físico (anaeróbico e aeróbico) associado ao método de RFS tem se mostrado valioso no controle de pressão arterial, função autonômica, adequação dialítica e aumento da função renal. Respostas que também são observáveis no tamanho arterial e venoso, bem como na pressão sanguínea (Rolnick *et al.*, 2022). Todavia, cabe o destaque de que essas alterações, para pessoas que necessitam realizar a confecção da fístula para o tratamento de hemodiálise, podem ser benéficas, auxiliando em uma maturação e uma vasodilatação mais adequada.

E, no que se refere aos efeitos bioquímicos do treinamento com o método de restrição de fluxo sanguíneo, os principais benefícios se relacionam à contenção da incidência de outras comorbidades que possam agravar o avanço da doença ou, em casos de falência renal, beneficiar na adesão à TRS de maneira mais efetiva.

Entretanto, ainda não há um consenso entre os raros estudos com essa população utilizando o método de RFS sobre o manejo do protocolo de treinamento. O Quadro 2, a seguir, sintetiza os principais tipos de treinamento já realizados.



Quadro 2 – Síntese dos protocolos de treinamento com o método de restrição de fluxo com pacientes renais crônicos

Autor	Tipo	Estágio DRC	Tempo	Vezes	Forma de Oclusão
Rus <i>et al.</i> , 2005a e 2005b	Força	-	8 semanas	-	Compressão intermitente
Barbosa <i>et al.</i> , 2018	Fisioterapia	4-5	8 semanas	-	50% oclusão
Clarkson <i>et al.</i> , 2020	Aeróbico	5	-	-	50% oclusão
Silva <i>et al.</i> , 2021	Fisioterapia	4-5	8 semanas	5	50% oclusão contínua
Deus <i>et al.</i> , 2021	Força	-	6 meses	-	50% oclusão contínua
Correia <i>et al.</i> , 2021	Força	2	6 meses	3	50% oclusão contínua

Fonte: Rolnick *et al.* (2022).

Percebe-se uma variação em relação aos estágios da doença investigados, sobrepondo-se os estágios 2, início do acompanhamento clínico, e onde haveria menos riscos em relação às alterações pressóricas e arteriovenosas, e os estágios finais da doença (4 e 5), sobretudo para identificar alterações positivas na vascularização, na adesão à TRS e (ou) aumento da TFG.

Em contrapartida, parece haver uma maior utilização da restrição contínua em 50% durante os protocolos, talvez pelo fato de amenizar maiores danos nas alterações de compressão dos vasos sanguíneos, ainda que efeitos como for-



migamento, fadiga e tontura, após a recuperação, tenham sido elencados por Silva *et al.* (2021) e Clarkson *et al.* (2020).

No que se refere à estratificação do protocolo de treinamento por séries, número de repetições e intensidade, Rolnick *et al.* (2022) realizaram uma síntese que pode ser observada no Quadro 3.

Quadro 3 – Síntese dos protocolos de treinamento com restrição de fluxo com pacientes renais crônicos (duração, séries, repetições e intensidade)

Tipo	Duração	Séries	Repetições	Intensidade
Força	2 meses	1 a 3	12	30% 1RM
	3 a 4 meses	2 a 3	10	40% 1RM
	6 meses	3	8	50% 1RM
Aeróbico	1 a 3 semanas	1	20 minutos	60-63% FC _{max}
	4 a 6 semanas	1	20 minutos	64%-76% FC _{max}

Legenda – FC_{max}, frequência cardíaca máxima.

Fonte: Rolnick *et al.* (2022).

Logo, as lacunas a serem investigadas sobre essa relação entre treinamento com o método de RFS e pessoas com DRC ainda são expressivas, desde os efeitos nos aspectos físicos, funcionais, metabólicos, fisiológicos, moleculares e bioquímicos, até com relação aos protocolos de intervenção-padrão para serem utilizados por profissionais da Educação Física em clínicas de atendimento dessa popu-

lação. Contudo, conforme apontaram Wilund, Thompson e Bennet (2019), o avanço na pesquisa dessa área esbarra nos problemas oriundos do recrutamento de participantes, na falta de decisões compartilhadas com os pacientes nos desenhos de estudo e a ausência de intervenções multiprofissionais que incluam olhares holísticos para resolução dos problemas da doença.

Assim, visando alcançar esses objetivos, atualmente já existe um grupo global de exercício físico inserido na Sociedade Internacional de Nutrição Renal e Metabolismo (*Global Renal Exercise*, GREX) que desenvolve ações que podem auxiliar no compartilhamento de informações, apresentações de limitações e busca de estratégias para ampliar a prática de exercício físico para essa população. Tal grupo vem contribuindo para efetivação de uma comunicação científica intra e extramuros dos centros de pesquisa, para os esclarecimentos no âmbito da prevenção e dos cuidados relativos à doença renal crônica.

Dito isso, as páginas vindouras apresentarão a população e os resultados de uma proposta de investigação para o preenchimento de lacunas na área que envolve pessoas com DRC, RFS e variáveis pouco cotejadas, como medidas morfológicas, hemodinâmicas, lesão muscular e comportamentais (sarcopenia, fadiga e dor).



CAPÍTULO 2

PERFIL GERAL DE PESSOAS COM DOENÇA RENAL CRÔNICA EM ESTÁGIO 3

Tendo em vista as diferentes variáveis que compunham este estudo, optou-se por demarcar um momento para apresentação geral dos participantes do estudo, de modo que não houvesse a necessidade de novas informações sobre essas características nas demais partes deste trabalho.

Uma síntese da trajetória dos participantes durante o processo de seleção, randomização e intervenção pode ser observada na Figura 5.

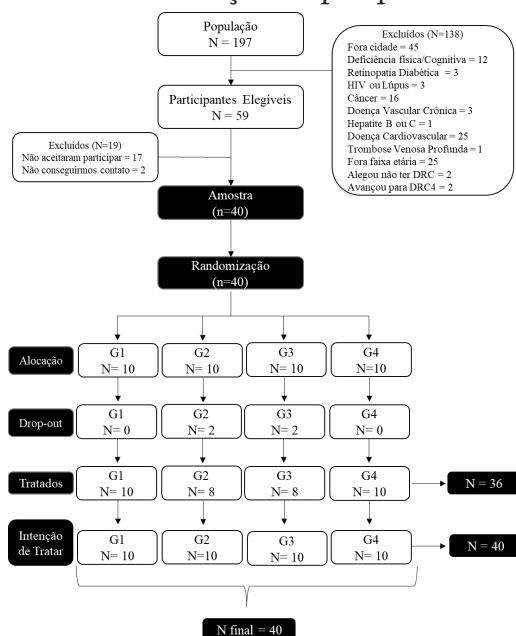
Durante o levantamento feito nos prontuários de atendimento realizados pelos nefrologistas da USU-Hupaa-Ufal, entre janeiro de julho de 2024, foram identificados 916 atendimentos; desses, 528 em pacientes em estágios diferenciados da DRC. No entanto, 243 atendimentos foram destinados exclusivamente a pessoas com DRC-3. Ao eliminar as duplicatas (retornos de consulta), restaram 197 pacientes, compondo a população desta investigação.

Em seguida, foi feito um retorno aos prontuários para aplicação dos critérios de inclusão ou exclusão para composição da amostra selecionável para participação no



protocolo de intervenção física proposto. Ao término dessa etapa, foram eliminados 138 pacientes, por apresentaram inúmeras restrições, sendo as mais prevalentes: residir fora da cidade de Maceió e (ou) áreas metropolitanas (n=45); apresentar doenças cardiovasculares graves (n=25); estar fora da faixa etária prevista (n=25); se encontrarem em tratamento para neoplasias (n=16); e serem pessoas com alguma deficiência física ou cognitiva (n=12).

Figura 5 – Trajetória dos participantes na seleção, randomização e intervenção da pesquisa



Legenda – G1, grupo controle; G2, grupo baixa carga; G3, grupo alta carga; G4, grupo restrição de fluxo sanguíneo.

Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

Assim, tornaram-se elegíveis 59 indivíduos, dos quais 17 não aceitaram participar (com justificativas como não interesse, falta de dinheiro para transporte, morar longe da Ufal ou estar em rotina intensa de consultas); e não se conseguiu entrar em contato com 2 pacientes, por não atualização dos dados no sistema.

Dessa forma, 40 participantes foram distribuídos em 4 grupos após o processo de avaliação e preenchimento dos questionários: nenhum tipo de treinamento de força, grupo de controle (G1); treinamento de força muscular de baixa carga (G2); treinamento de força muscular de alta carga (G3); treinamento de força muscular de baixa carga associado ao método de restrição de fluxo sanguíneo (G4).

Ao longo das 12 semanas de intervenção física, 4 participantes (dois do G2; e dois do G3) abandonaram as sessões de treinamento por razões como: dores musculares (1), aumento da anemia (1), obrigações particulares que atravessavam a rotina de treinamento (1) e falta de condições financeiras para continuar no estudo (1). Assim, ao término do estudo, finalizaram as sessões de treinamento de força muscular 36 participantes, considerados aqui como tratados.

No entanto, para análise geral desta investigação, optou-se por utilização do método de intenção de tratar (Gupta, 2011; Molero-Calafell *et al.*, 2024), cuja perspectiva é incluir todos os participantes que foram randomizados no processo inicial, independentemente das perdas amostrais



ao longo do percurso. Tal modelo, em termos do exercício físico, busca captar a vida real, ou seja, a rotina normal cotidiana de qualquer indivíduo que realiza algum tipo de treinamento físico que, ordinariamente, são atravessados por faltas, lesões, alterações diárias e outras intercorrências que impedem a prática integral do exercício físico ao longo de um determinado período.

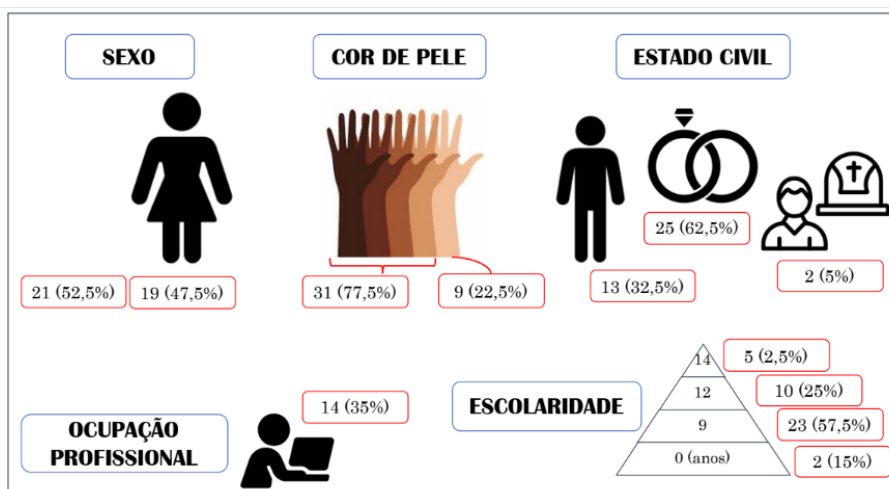
Para validar a análise escolhida, um olhar sobre a frequência dos grupos pode descortinar mais informações.

Nesse sentido, se incluirmos somente os participantes tratados (n=36), a média de frequência geral do número de sessões (36) de treinamento físico realizadas foi de 96,8% (G2: 97,9%; G3:96,9%; G4: 96%). Contudo, ao se incluírem todos os participantes com intenção de tratar (n=40), a média observada diminui para 86,5% (G2: 81,7%; G3:81,7% e G4: 96%). Ou seja, em ambos os casos, a média alcançada se encontra dentre os critérios mínimos estabelecidos para validação da proposta de treinamento, a saber, 85% das sessões. Além disso, cabe mencionar que o grupo de RFS (G4) foi aquele que apresentou menor perda amostral ao longo do período, dado especialmente interessante pelo fato dos possíveis desconfortos, dores e ardências normalmente reportados quando se utiliza esse método em treinamentos físicos (Brito, 2022).

Em relação aos aspectos demográficos, a Figura 5 apresenta uma síntese dos resultados.



Figura 5 – Perfil sociodemográfico dos participantes do estudo



Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

Dos participantes, 52,5% eram homens, com idade média de $58 \pm 8,9$ anos. Além disso, 77,5% dos participantes eram autodeclarados pretos, pardos ou indígenas, 62,5% eram casados, 65% não tinham ocupação profissional e 72,5% tinham até 9 anos de escolaridade.

A SBN (2024), em seu último censo em 2023, já demonstrou que 59% dos pacientes em HD eram homens com idade média de 45 a 64 anos (42,8%), com uma tendência de aumento nos últimos anos (Nerbass *et al.*, 2025). No entanto, estudos de prevalência apontavam as mulheres como aquelas mais diagnosticadas com DRC (Bastos *et al.*, 2009; Gouvêa

et al., 2022). O conflito entre essas informações pode indicar que possíveis ações de acompanhamentos clínicos do tratamento em nefrologia, para contenção da progressão da DRC, têm se tornado mais efetivas entre as mulheres, impedindo-as de chegar de forma mais aceleradas no estágio 5.

Com relação à faixa etária, já é consenso a perda de 0,32 a 0,2 ml/min/ano de TFG em adultos acima de 40 anos, sendo essa uma característica própria do processo de envelhecimento (Glassock: Winearls, 2009). Segundo os autores, alterações na estrutura renal, diminuição dos néfrons funcionais e do volume do córtex renal, aumento do estresse oxidativo e encurtamento do telômero, talvez estejam como as principais causas dessas alterações, evidentemente aumentadas com a prevalência de comorbidades e práticas usuais de estilo de vida não saudáveis.

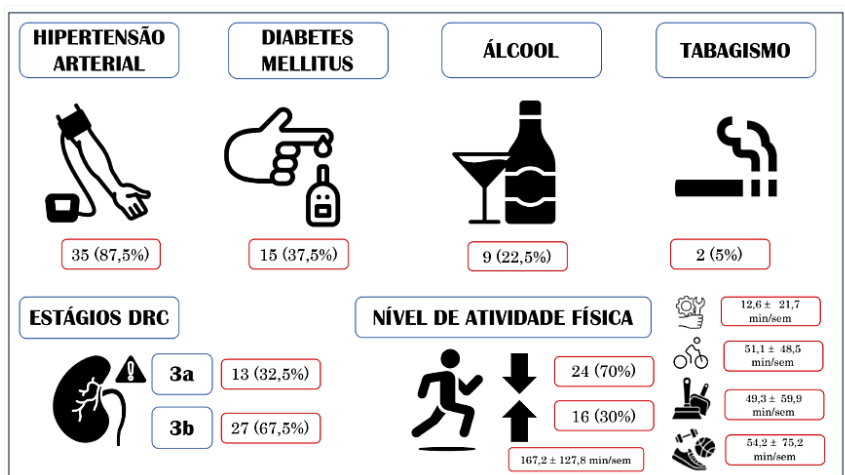
Com relação aos aspectos referentes a cor de pele e ao nível de instrução, o impacto da DRC, nessa população, pode estar intimamente relacionado aos efeitos econômicos e sociais no cotidiano dos mais vulneráveis, muitas vezes associados a pouco acesso aos serviços de saúde, o que contribui para diagnósticos mais tardios. E ainda a hábitos alimentares e comportamento sedentário, em virtude dos baixos salários e elevadas jornadas de trabalho, que contribuem para as causas da DRC, como HAS e DM (Aguiar; Prado; Gazzinelli, 2020). Além disso, os baixos níveis de escolaridade podem impactar na diminuição da compreensão



da comunicação em saúde, das causas e riscos da doença e dos verdadeiros impactos que o diagnóstico pode trazer ao cotidiano de um paciente com DRC.

Por fim, a maior quantidade, no estudo, de pessoas sem ocupação profissional pode ser explicada pela relação com a idade dos participantes. Como a maioria deles se encontravam em faixas acima dos 60 anos, muitos já estavam aposentados, com maiores chances de se deter em cuidados de saúde e mudanças no estilo de vida que pudessem auxiliar na diminuição do avanço da DRC.

Figura 6 – Perfil de estilo de vida e condições de saúde dos participantes do estudo



Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

Para as questões relacionadas à saúde a Figura 6 apresenta os principais resultados.

Dentre os participantes, 87,5% eram hipertensos, 37,5% diabéticos, 55% não apresentaram outra doença associada, 70% não mantinham o hábito do tabagismo e 52,5% não consumiam álcool. A maioria dos indivíduos, de acordo com a classificação da taxa de filtração glomerular adquirida nos prontuários do USU-Hupaa-Ufal, era enquadrada como estágio 3b (49 ml/min/1.73m²).

Para o nível de atividade física, 70% reportaram realizar <150 minutos de atividade física por semana, podendo ser enquadrados como sedentários e (ou) insuficientemente ativos. Porém, no cômputo geral das dimensões do IPAQ, os participantes poderiam ser considerados como fisicamente ativos (167,2 ± 127,8 min/sem). As atividades físicas da dimensão lazer apresentaram a maior quantidade de tempo despendido pelos participantes (52,2 ± 75,2 min/sem).

A HAS é considerada uma das principais causas da prevalência da DRC. Tal relação pode ser compreendida pela intrínseca conexão entre o sistema renal e o cardiovascular, pois o aumento da rigidez arterial e das alterações funcionais do endotélio estimula a emissão de citocinas inflamatórias para a formação de trombos e obstruções nos vasos, que podem levar ao aumento das taxas pressóricas e aumentar as chances de eventos cardiovasculares (Inuzuka;



Barroso, 2024). Entre 1999 e 2023, em torno de 34 a 35% de pessoas em HD, no Brasil, ainda apresentavam quadros de HAS (Nerbass *et al.*, 2025), o que aponta a dificuldade de manutenção adequada de pressão arterial com avanço da perda da filtração glomerular. Por conta desse quadro, na maioria das investigações que apresentam perfil da população da DRC, os desfechos para HAS foram os mais prevalentes (Marinho *et al.*, 2017; Burnier; Damianaki, 2023; Pontes *et al.*, 2024).

No que se refere à DM, apesar de ela apresentar menor incidência do que HAS nas populações renais, sabe-se que o aumento do volume de açúcar no sangue pode promover quadros de hiperfiltração renal, o que, em consequência, auxilia na eminência de danos vasculares, aumento da expressão de hemoglobina glicada e desencadeamento de inflamação celular e fibrose (Nordheim; Jenssen, 2021). Estudos que associam DRC e DM apontam que, no Brasil, em torno de 3,3% de pessoas com DM apresentaram diagnóstico de DRC entre 2013 e 2019 (Gouvêa *et al.*, 2022; Amaral *et al.*, 2021), bem como que a doença pode elevar os custos do tratamento da DRC e ser corresponsável pelo aumento dos efeitos adversos dos sintomas da doença (Borges *et al.*, 2025).

Evidentemente que os quadros de DM e HAS estão altamente relacionados ao estilo de vida dessa população, pois a prática de atividade física ou de exercício físico não



se faz presente, independentemente do estágio em que a doença se encontra (Caetano *et al.*, 2022). Em grande parte das investigações, os baixos níveis de exercício físico e a alta prevalência do comportamento sedentário encontrados corroboram a ideia de que a população DRC tem comportamentos similares aos do resto da população sem essa comorbidade (Caetano, 2024; Caetano *et al.*, 2023; Araújo Filho *et al.*, 2016; Qiu *et al.*, 2017; Reboredo *et al.*, 2007). Isso porque, em 2021, na Pesquisa Nacional em Saúde do IBGE, foi reportado que apenas 36,7% da população acima de 18 anos praticava mais de 150 minutos de atividade física por semana, conforme recomenda a Organização Mundial de Saúde (Brasil, 2022).

A importância da prática de atividade física e, especialmente, de exercício físico tem aumentado expressivamente nessa população. Estudos mais recentes têm sinalizado o papel do movimento corporal como adjuvante para a não ocorrência de danos na taxa de filtração glomerular, para o controle das taxas glicêmicas, na manutenção da pressão arterial sistêmica, nos ganhos de capacidade funcional, nas alterações da composição corporal e na elevação da percepção de qualidade de vida.

No entanto, é importante salientar que, ainda que haja uma orientação para aumento das práticas de atividade física, conforme destaca o Guia de Atividade Física para a população Brasileira (Brasil, 2021), é de suma impor-



tância o incremento com exercícios físicos sistematizados, aeróbicos e (ou) de força. Isso porque somente o exercício físico poderá potencializar os ganhos oriundos da aptidão física relacionada à saúde, como força, condicionamento cardiorrespiratório, flexibilidade e mudanças morfológicas, essenciais para regulações hemodinâmicas, hormonais e sistêmicas dessa população e (ou) outra com outros agravos à saúde (Nieman, 2011; Raso; Greve; Polito, 2013). No caso específico da restrição de fluxo sanguíneo, evidências recentes têm contribuído para uma visão ampliada desse método em pessoas com diferentes condições de saúde, como idosos, hipertensos, pessoas com HIV e DRC (Cirilo-Sousa *et al.*, 2025).

Nesse sentido, com o objetivo de visualizar a sensação cognitiva dos participantes desta investigação com a adesão ao exercício físico, uma outra variável foi monitorada, especificamente para os grupos que sofreram a intervenção: foi a sensação de afetividade ao exercício físico, conforme pode ser visto na Figura 7.

Em síntese, todos os protocolos promoveram melhoras nas médias depois do período de treinamento, mas o grupo com treinamento de força muscular com alta carga foi o único que sofreu um efeito positivo significativo após 12 semanas do protocolo ($p=0.031$) e com tamanho de efeito grande ($d=-0.808$). No que se refere à comparação entre os grupos, não houve diferença estatística entre G2xG4 (pré:



$p=0.939$, $d=0.034$ – pós: $p=0,859$; $d=0.081$) ou $G3 \times G4$ (pré: $p=0.489$; $d=0.316$ – pós: $p=0.271$; $d=0,507$).

Figura 7 – Comparação entre os tempos da sensação de satisfação para o exercício

	PRÉ	PÓS	p-valor	Cohen's d
	$2,5 \pm 1,2$	$2,9 \pm 0,9$	0.081	-0.622
	$2,9 \pm 1,1$	$3,5 \pm 1,1$	0.031*	-0.808
	$2,4 \pm 1,4$	$3,0 \pm 1,1$	0.306	-0.343

Legenda – , grupo baixa carga; , grupo alta carga; , grupo baixa carga com RFS.

Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

Sobre essa variável, não há nenhum outro estudo com realização desse tipo de análise para DRC e RFS. No entanto, já há evidências sobre desconforto, sensação de dor, queimação e ardor proporcionados pelo exercício com uso de método de restrição de fluxo sanguíneo (Cirilo-Sousa *et al.*, 2024; Rolnick *et al.*, 2021; Baker *et al.*, 2020). Em nossos participantes, as sensações de formigamento, ton-

tura e desconforto foram reportadas somente nas primeiras quatro semanas do protocolo, desaparecendo, progressivamente, com avanço das sessões.

Todavia, mesmo com esses efeitos adversos desaparecendo nos relatos, o grupo da RFS, após 12 semanas, não apresentou diferença significativa em relação à satisfação, podendo indicar que os incômodos ainda estavam presentes, diferentemente do que aconteceu com o G3 (alta carga).

Já se sabe o papel do exercício físico na dinâmica psicobiológica dos indivíduos, podendo alterar as condições de humor, qualidade do sono e expressões hormonais relacionadas à sensação de prazer, autoestima e euforia (Mello *et al.*, 2005). No caso específico da alta intensidade, como observamos nos participantes aqui estudados, Souza (2022), em um protocolo para treinamento agudo aeróbico de alta intensidade em adultos saudáveis, percebeu uma sensação de afetividade e tolerância melhor do que com ajustes de intensidades médias. Em mulheres obesas, submetidas a um protocolo combinado de exercícios, identificou-se que a sensação de prazer foi inversamente proporcional à escala de percepção de esforço (Alves *et al.*, 2017).

Outro elemento que pode explicar as melhoras clínicas nos participantes na sensação de satisfação com o protocolo proposto se relaciona com a frequência nas sessões. Evidências vêm sinalizando que o desenvolvimento de



exercícios de caráter individualizado contribui para a elevação da adesão e, por consequência, pode levar a aumentos na afetividade ao exercício (Bastos; Rodrigues; Teixeira, 2024). Além disso, a presença de um profissional especializado pode, também, proporcionar uma maior sensação de segurança para as possíveis intercorrências inerentes às comorbidades, conduzindo a frequências constantes e benefícios na sensação da prática de exercício físico, independentemente das modalidades (aeróbico, de força ou combinados) (Mittaz Hager *et al.*, 2019).

Enfim, de uma forma geral, os participantes do estudo se enquadraram nos perfis socioeconômicos, clínicos e de estilo de vida já comumente observados para essa população. Mas, independentemente dessas condições, os níveis mais elevados de intensidade apresentaram melhoras no desenvolvimento de afetividade em relação ao exercício.



CAPÍTULO 3

MEDIDAS MORFOLÓGICAS, METABÓLICAS E INFLAMAÇÃO CELULAR

Introdução

A avaliação de aspectos morfológicos, metabólicos e inflamatórios é importante para a mensuração da saúde física e fisiológica dos indivíduos (McArdle; Katch, F.; Katch, V., 2017). Isso porque, além de favorecer uma avaliação do estado nutricional, ela auxilia na verificação de indícios de riscos para condições cardiovasculares e distúrbios hormonais que podem agravar para desfechos negativos em relação à saúde. Em pessoas com DRC, esses marcadores, de alguma forma, são monitoramentos para avaliar a progressão da doença, os possíveis efeitos do tratamento farmacológico e a própria relação do sujeito com a condição clínica em que vive (KDIGO, 2024; Braspen, 2021).

O IMC e a avaliação da composição corporal, preditores essenciais para condições de risco para aumento da gordura corporal e incidência da DRC, podem indicar possibilidades de hiperfiltração glomerular, inflamação crônica do tecido adiposo, aumento da gordura nos rins (esteatose



renal) e avanços para quadros de diabetes *mellitus* (DM) (Johansen; Lee, 2015; Nordheim; Jenssen, 2021). Nesse sentido, a instauração de quadros de sobrepeso ou obesidade, especialmente observada em pessoas em estágios não dialíticos, está relacionada fisiologicamente à desregulação da leptina, à resistência insulínica, a alterações de emissão de grelina e à ausência de emissão de hormônios intestinais, como PYY e GLP-1 (Seravalle; Grassi, 2017; Golden, 2021; Ozbek *et al.*, 2024). Em quadros de tratamento conservador (TC) para DRC, as recomendações de níveis eutróficos de composição corporal podem diminuir as chances de eventos cardiovasculares.

Nesse sentido, a medida da relação entre cintura e quadril (RCQ) tem sido considerada um instrumento essencial, como uma avaliação antropométrica não invasiva para determinar a presença de distribuição inadequada da gordura corporal, e, por consequência como a acumulação de tecido adiposo visceral pode aumentar os riscos de episódios como hipertensão arterial sistêmica, infarto agudo do miocárdio e acidente vascular cerebral (Loureiro *et al.*, 2020; Wan *et al.*, 2020). Além disso, valores elevados da RCQ sugerem aspectos metabólicos importantes, como dislipidemia, DM, síndrome metabólica e produção de adipocinas pró-inflamatórias como a TNF- α e a interleucina 6 (IL-6) (Wedell-Neergaard *et al.*, 2019)



A IL-6 é considerada uma proteína sinalizadora em virtude de sua função imunológica, inflamatória e fisiológica no organismo. Devido ao fato de essa citocina estar espalhada em diversas células (linfócitos, macrófagos, monócitos, fibroblastos, endotélio e fibras musculares), ela pode atuar em ações pró-inflamatórias e (ou) regenerativas (Hennigar; Mcclung; Pasiakos, 2017; Kreiner *et al.*, 2022; Zhang; Shu; Hou, 2024). Na DRC, a elevação desse substrato pode desencadear aterosclerose, diminuir a produção de eritropoietina, aumentar a retenção de toxinas urêmicas e favorecer a quebra de proteínas necessárias para síntese proteica e ganho de massa muscular.

Nesse sentido, o treinamento de força muscular (TFM), em decorrência de seu efeito sistêmico e com benefícios que vão além do aspecto fisiológico, tem sido investigado como um tratamento adicional em pessoas com DRC em TC. Os benefícios com modelos tradicionais já foram evidenciados pelos estudos, como: diminuição do peso corporal, aumento de massa magra, adequação da RCQ, melhorias nas medidas antropométricas e diminuição das citocinas inflamatórias (Takarada *et al.*, 2000; Rolnick *et al.*, 2022; Cirilo-Sousa *et al.*, 2025). No entanto, a verificação de possíveis alterações no perfil morfológico, metabólico e inflamatório, com a utilização do método de restrição de fluxo sanguíneo (RFS) em pessoas com DRC em TC, ainda é uma lacuna evidente no cenário científico.



Nesse sentido, o objetivo deste capítulo é avaliar as possíveis modificações de um treinamento de força muscular associado à RFS, em comparação com os modelos convencionais de treinamento, nas medidas morfológicas, metabólicas e inflamatórias de pessoas com DRC-3.

Resultados

A Tabela 1 apresenta uma comparação entre os tempos intragrupos com as variáveis propostas para análise.

Após 12 semanas de intervenção com treinamento de força muscular, o grupo RFS (G4) apresentou uma tendência à significância de circunferência do braço direito ($p=0.054$), com tamanho de efeito grande ($d=-0.733$) e diferença significativa da massa gorda ($p=0.020$), com efeito bastante expressivo ($d=-0.818$).

O grupo de alta carga (G2) também apresentou níveis mais elevados significativamente da massa gorda ($p=0.004$) e de circunferência da panturrilha direita ($p=0.036$), ambos com efeito grande ($d=-0.964$ e $d=-0.800$ respectivamente); como também houve diminuição na relação entre cintura e quadril ($p=0.014$), com efeito grande ($d=1.000$).



Tabela 1 – Comparação das medidas morfológicas, metabólica e inflamatórias intragrupos após 12 semanas de intervenção com treinamento de força muscular

Variáveis	G1				G2				G3				G4			
	To	T1	p-valor	Cohen's d	To	T1	p-valor	Cohen's d	To	T1	p-valor	Cohen's d	To	T1	p-valor	Cohen's d
Glicose (mg/dl)	188,5 ± 111,6	159,1 ± 111,8	0.477	-0.289	130,3 ± 53,0	174,7 ± 100,0	0.477	-0.289	152,3 ± 94,0	147,1 ± 58,0	0.636	-0.200	109,9 ± 45,6	127,0 ± 41,4	0.624	-0.222
IL-6 (pg/mL)	4,4 ± 3,0	4,2 ± 3,0	0.500	0.667	5,0 ± 4,0	7,7 ± 8,9	1.000	-1.000	5,3 ± 9,4	2,7 ± 1,1	0.375	0.600	2,4 ± 1,4	2,2 ± 0,7	0.444	-0.291
Peso (kg)	72,0 ± 9,1	70,5 ± 7,7	0.721	0.145	69,4 ± 19,6	69,8 ± 19,6	0.721	0.145	82,2 ± 24,7	81,7 ± 24,2	0.475	0.273	72,1 ± 16,8	72,1 ± 17,6	0.683	0.164
Estatura (cm)	158,8 ± 0,0	158,8 ± 0,0	-	-	163,3 ± 0,0	163,3 ± 0,0	-	-	166,5 ± 0,1	166,5 ± 0,1	-	-	163,4 ± 0,1	163,4 ± 0,0	-	-
IMC (kg/m²)	26,0 ± 6,9	28,2 ± 3,0	0.918	0.055	29,3 ± 6,9	26,1 ± 6,9	0.918	0.055	29,3 ± 6,6	29,1 ± 6,4	0.554	0.244	26,8 ± 4,7	26,8 ± 5,3	0.646	0.182
MG (kg)	30,1 ± 9,3	30,0 ± 3,9	0.004*	-0.904	23,8 ± 11,8	35,8 ± 9,1	0.004*	-0.964	29,5 ± 11,9	42,7 ± 12,6	0.004*	-0.964	24,0 ± 12,9	37,4 ± 8,1	0.020*	-0.818
MM (kg)	41,8 ± 5,6	43,7 ± 5,3	0.232	-0.455	45,6 ± 11,6	47,5 ± 11,5	0.232	-0.455	52,5 ± 15,6	54,4 ± 15,7	0.066	-0.673	47,9 ± 10,1	49,0 ± 10,9	0.322	-0.382
%G	40,6 ± 9,3	37,4 ± 6,4	0.058 ^δ	0.733	32,4 ± 12,9	30,0 ± 12,7	0.058 ^δ	0.733	35,5 ± 9,0	33,8 ± 8,4	0.193	0.491	32,5 ± 9,7	32,3 ± 9,1	0.906	-0.067
CC (cm)	88,3 ± 11,9	88,5 ± 13,0	0.407	0.333	82,2 ± 16,0	88,2 ± 17,1	0.407	0.333	95,2 ± 12,7	93,9 ± 12,7	0.065	0.711	87,5 ± 10,7	86,6 ± 9,6	0.360	0.389
CQ (cm)	105,9 ± 9,0	100,1 ± 6,7	0.386	0.327	97,7 ± 10,5	96,2 ± 12,9	0.386	0.327	104,0 ± 10,5	104, 8 ± 9,8	0.358	-0.345	98,2 ± 10,5	98,3 ± 9,8	0.944	0.056
RCQ (cm)	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0.838	-0.091	0,9 ± 0,0	0,9 ± 0,0	0.838	-0.091	0,9 ± 0,0	0,8 ± 0,6	0.014*	1.000	0,8 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0.244	0.418
CBD (cm)	29,6 ± 3,6	29,6 ± 3,5	0.635	-0.200	28,5 ± 4,1	29,0 ± 4,9	0.635	-0.200	32,1 ± 5,6	32,7 ± 6,8	0.483	-0.306	30,5 ± 5,0	31,4 ± 5,0	0.054 [▯]	-0.733
CBE (cm)	30,3 ± 3,5	29,8 ± 3,3	0.108	-0.622	28,0 ± 4,2	28,8 ± 4,1	0.108	-0.622	32,5 ± 5,4	32,9 ± 6,1	0.397	-0.393	30,4 ± 5,1	31,4 ± 4,8	0.105	-0.667
CPD (cm)	35,5 ± 1,8	35,5 ± 1,4	0.032*	-0.822	32,2 ± 3,8	33,3 ± 3,0	0.032*	-0.822	37,1 ± 5,8	38,1 ± 5,6	0.036*	-0.800	35,5 ± 3,9	35,1 ± 5,6	0.834	-0.143
CPE (cm)	35,4 ± 1,6	35,6 ± 1,6	0.833	-0.111	33,2 ± 4,4	32,9 ± 3,3	0.833	-0.111	37,3 ± 5,3	37,3 ± 5,6	0.237	-0436	35,3 ± 4,2	35,5 ± 4,6	0.400	-0.429
CCoxaD (cm)	50,4 ± 4,8	50,5 ± 3,4	0.153	-0.527	43,9 ± 4,5	45,5 ± 5,2	0.153	-0.527	50,3 ± 11,3	51,8 ± 8,9	0.322	-0.322	48,7 ± 8,5	50,1 ± 9,7	0.552	-0.244
CCoxaE(-cm)	50,6 ± 4,3	49,9 ± 3,7	0.405	0.333	44,4 ± 4,9	43,9 ± 5,1	0.405	0.333	50,7 ± 10,7	50,7± 9,7	0.678	0.178	49,0 ± 9,7	48,4 ± 9,4	0.634	0.200

Legenda: * = p-valor ≤ 0.05; δ = tendência à significância; G1, grupo sem intervenção física (grupo de controle); G2, grupo de baixa carga; G3, grupo de alta carga; G4, grupo de baixa carga com restrição de fluxo sanguíneo; IL-6, interleucina 6; IMC, índice de massa corporal; MG, massa gorda; MM, massa magra; %G, percentual de gordura; CQ, circunferência de quadril; RCQ, relação entre cintura e quadril; CBD, circunferência do braço direito; CBE, circunferência do braço esquerdo; CPD, circunferência da panturrilha direita; CPE, circunferência da panturrilha esquerda; CCoxaD, circunferência da coxa direita; CCoxaE, circunferência da coxa esquerda.

Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

Para o grupo de baixa carga (G1), houve aumento da massa gorda ($p=0.004$) e circunferência da panturrilha direita ($p=0.032$), com efeitos elevados ($d=-0.964$ e $d=-0.822$), mas, de todo modo, verificou-se uma tendência significativa para diminuição dos índices de % de gordura ($p=0.058$), com tamanho de efeito alto ($d=0.733$).

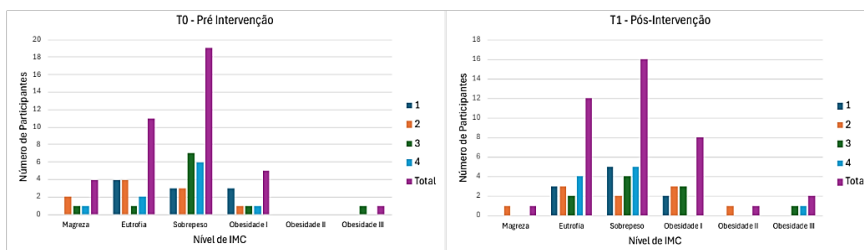
O grupo que não sofreu a intervenção teve alterações nos mesmos componentes observados nos grupos expostos ao exercício físico, a saber: aumento da massa gorda ($p=0.004$, $d=-0.904$) e circunferência da panturrilha direita ($p=0.032$, $d=-0.822$); porém houve uma diminuição marginalmente significativa do % de gordura ($p=0.058$; $d=0.733$).

Não houve alterações significativas para IL-6 e glicemia em nenhum dos grupos.

Quando são observados os dados de IMC no âmbito da sua classificação (Figura 8), os participantes inseridos no G4, antes da intervenção, em sua maioria, podiam ser classificados com sobrepeso ($n=6$). Após o protocolo de treinamento, ainda que houvesse uma manutenção do grupo no extrato de sobrepeso ($n=5$), ocorreu uma elevação de participantes na eutrofia ($n=6$) e um deslocamento de um participante de obesidade I para obesidade III.



Figura 8 – Classificação do IMC dos grupos após 12 semanas com treinamento de força muscular



Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

O G3 conseguiu diminuir a quantidade de participantes no nível sobrepeso ($n=7$; $n=4$), mas aumentou o número de pessoas classificadas com obesidade ($n=1$; $n=3$).

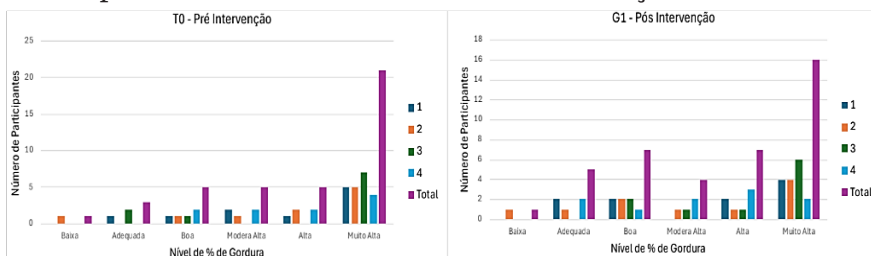
O G2 apresentou, antes da intervenção, mais participantes no estrato eutrófico ($n=4$) e, também, viu elevar o número de obesos ($n=4$).

Por fim, o grupo de controle apresentava mais participantes com eutrofia ($n=4$) e, ao término de 12 semanas, havia mais indivíduos classificados com sobrepeso ($n=6$).

No que se refere ao percentual de gordura (figura 9), ao verificar a estratificação por classificação, o G4 tinha grande parte de seus participantes antes no estrato muito alto ($n=4$) e, posteriormente, em alto ($n=3$) e adequado ($n=2$).



Figura 9 – Classificação do percentual de gordura dos grupos após 12 semanas com treinamento de força muscular



Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

Para o G3 e G2, não houve alteração dos participantes, sendo, nas duas circunstâncias, a classificação muito alta a mais prevalente ($n=6$; $n=4/n=5$ respectivamente).

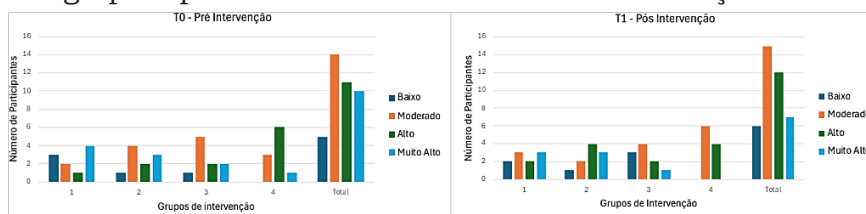
No grupo de controle, ainda que tenha havido uma diminuição da quantidade de participantes com níveis muito altos de gordura corporal ($n=5$; $n=4$), essa classificação foi a mais prevalente.

Avaliando as classificações de risco cardiovascular com a verificação da gordura visceral (Figura 10), o grupo RFS (G4) apresentava risco alto ($n=6$) antes da intervenção, deslocando-se para níveis moderados ($n=6$) ao término da intervenção.

No G3, nos dois momentos, a maior quantidade de participantes tinha risco moderado ($n=5$; $n=4$), mas houve um aumento de pessoas classificadas como risco baixo ($n=1$; $n=3$).



Figura 10 – Classificação do risco de relação cintura e quadril dos grupos após 12 semanas com treinamento de força muscular



Fonte: autores (2025).

No G2, antes da intervenção, os participantes, em sua maioria, apresentavam risco moderado (n=4), passando para risco alto (n=4) após 12 semanas de intervenção.

No grupo de controle, houve aumento de participantes classificados como moderados (n=2; n=3), mas os de risco muito alto ainda tinham uma prevalência elevada (n=4; n=3).

Com relação à comparação das variáveis analisadas do grupo RFS com os demais grupos, no período após intervenção (Tabela 2), identificou-se ausência de diferenças estatísticas com o G3 (alta carga).

Todavia, houve diferença significativa na variável IMC com o G1 ($p=0.044$), com tamanho de efeito médio ($d=0.540$). Nesse caso, o grupo de controle apresentou diminuição nos valores de %G, enquanto o G4 manteve seus níveis antes e depois da intervenção.



Tabela 2 – Comparação das medidas morfológicas, metabólica e inflamatórias do G4 com os demais grupos após 12 semanas de intervenção com treinamento de força muscular

Grupos/Variáveis	G1xG4		G2xG4		G3xG4	
	p-valor	Cohen's d	p-valor	Cohen's d	p-valor	Cohen's d
Glicose (mg/dl)	0.471	0.200	0.384	0.240	0.545	0.170
IL-6 (pg/mL)	0.020*	0.620	0.015*	0.650	0.358	0.250
Peso (kg)	0.676	0.120	0.739	-0.100	0.393	0.240
Estatura (cm)	0.425	-0.220	0.791	0.080	0.520	0.180
IMC (kg/m²)	0.044*	0.540	0.853	-0.060	0.143	0.400
MG (kg)	0.086	-0.460	0.571	-0.160	0.307	0.280
MM (kg)	0.426	-0.220	0.853	-0.060	0.481	0.200
%G	0.075	0.480	0.970	0.060	0.880	0.050
CC (cm)	0.569	0.160	0.940	-0.030	0.173	0.370
CQ (cm)	0.184	0.360	0.853	0.060	0.112	0.430
RCQ (cm)	0.791	-0.080	0.579	0.160	0.880	0.050
CBD (cm)	0.820	-0.070	0.426	-0.220	0.761	0.090
CBE (cm)	1.000	0.000	0.212	-0.340	0.570	0.160
CPD (cm)	1.000	0.010	0.324	-0.270	0.384	0.240
CPE (cm)	0.909	0.040	0.150	-0.390	0.449	0.210
CCoxaD (cm)	0.879	0.050	0.130	-0.410	0.970	-0.020
CCoxaE(cm)	0.595	0.150	0.173	-0.370	0.791	0.080

Legenda: * = p-valor $\leq$ 0.05; G1, grupo sem intervenção física (grupo de controle); G2, grupo de baixa carga; G3, grupo de alta carga; G4, grupo de baixa carga com restrição de fluxo sanguíneo; IL-6, interleucina 6; IMC, índice de massa corporal; MG, massa gorda; MM, massa magra; %G, percentual de gordura; CC, circunferência de cintura; CQ, circunferência de quadril; RCQ, relação cintura e quadril; CBD, circunferência do braço direito; CBE, circunferência do braço esquerdo; CPD, circunferência da panturrilha direita; CPE, circunferência da panturrilha esquerda; CCoxaD, circunferência da coxa direita; CCoxaE, circunferência da coxa esquerda.

Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

Por fim, com relação a IL-6, o G4 apresentou diferenças com o G1 ($p=0.020$) e o G2 ($p=0.015$), ambos com tamanho de efeito mediano ($d=0.620$ nos dois casos). No entanto, cabe ressaltar que o G2 apresentou aumento nas expressões de IL-6, enquanto o G1 teve uma leve diminuição dos valores médios depois da intervenção. Ainda que o G4 tenha iniciado o protocolo de treinamento com valores menores em comparação aos demais grupos, a não elevação da expressão inflamatória dessa proteína pode ser considerada um achado positivo.

Discussão

O protocolo de intervenção, com exercícios de força muscular associados ao uso da RFS, pode não alterar os níveis de percentual de gordura, mas pode induzir as condições eutróficas em relação ao IMC, em pessoas com DRC-3.

As ações não farmacológicas do TC para DRC orientam para a diminuição dos níveis de obesidade. Isso porque as condições de elevado peso corporal desenvolve quadros de síndrome metabólica, dislipidemia, resistência à insulina e comprometimento cardiovascular aterosclerótico que agravam o tratamento (Ozbek *et al.*, 2024). Em adição a essa discussão, o estado inflamatório gerado pela obesidade pode promover: sobrecarga nas funções do coração; desajustes no sistema respiratório (apneia e asma); impactos



diretos no quadro músculo-esquelético, com aparecimento de dores, gota e peso nas articulações; alterações nas funções digestiva e hepática; afetações no sistema emocional, mental e cognitivo; e estímulos à incidência de alguns tipos de câncer (Seravalle; Grassi, 2017; Purdy; Shatzel, 2021; Golden, 2021).

Nesse sentido, elevados níveis de IMC têm sido considerados não protetores para pessoas com DRC, implicando o aparecimento de condições sarcopênicas, fragilidades e diminuição de desempenho físico (Johansen; Lee, 2015). A prática de atividade física pode apresentar algumas vicissitudes em relação às pessoas com obesidade, que são agravadas com as condições clínicas da DRC (Oppert; Bellicha; Ciangura, 2021).

Chen *et al.* (2024), em seus achados com investigações sobre IMC, treinamento físico e DRC, revelaram que o uso de protocolos com exercícios combinados apresentou ausência de significância nas mudanças para essa variável, sendo os exercícios de força mais suscetíveis ao aumento da massa livre de gordura. Além disso, as mudanças na massa gorda não foram benéficas quando houve a utilização de treinamentos combinados em pacientes com DRC em diversos estágios de tratamento.

Em outra revisão sistemática com meta-análise, foram comparados estudos com terapias convencionais (farma-



cológica e dietética) com aqueles que adicionavam treinamento de força muscular em pacientes com DRC em estágio não dialítico, que apresentaram maior efeito do exercício sobre o IMC bem como uma maior probabilidade de riscos para desfechos indesejados, quando não havia associação entre o TC e a prática de exercício físico (Liu *et al.*, 2024).

Alinhando restrição alimentar e exercícios (aeróbicos ou de força), também foram identificadas diminuições de IMC, peso corporal e massa gorda visceral em pessoas com DRC com DM (Van Huffel *et al.*, 2014). Todavia, a tendência tem demonstrado que a perda dos níveis de %G, IMC e de peso corporal talvez esteja relacionada ao uso do treinamento aeróbico (Yamamoto *et al.*, 2021).

Quando é observado esse aspecto metabólico, como o treinamento com RFS, as investigações não se debruçaram no IMC ou no percentual de gordura, e sim em análises bioquímicas que revelam o alcance da inflamação. Nesse sentido, os dados reportaram alterações, mas não significativas, em IL-5, IL-18, IL-10 e TNF- α , citocinas pró-inflamatórias que podem gerar perdas na deterioração da função dos rins (Rolnick *et al.*, 2022; Deus *et al.*, 2021; Corrêa *et al.*, 2021). No entanto, ao se debruçar em investigações com adultos obesos ou com sobrepeso, sem DRC, os estudos revelaram a redução de peso corporal, IMC, circunferência de cintura e gordura corporal (SUN, 2022), apontando a RFS como um método promissor para contribuir para a melhora dessas



variáveis, apesar de não existir um maior volume de ensaios que façam uso dessa correlação de desfechos.

O índice de obesidade, muitas vezes, tem conexão intrínseca com o excesso de gordura visceral, predizendo riscos cardiovasculares quando analisada a relação entre cintura entre e quadril. Em populações com DRC, a gordura visceral pode ativar citocinas pró-inflamatórias e ácidos graxos na corrente sanguínea, danificando, por consequência, a ação glomerular e ocasionando a perda da função glomerular de forma mais acelerada (Wan *et al.*, 2020; Kjaergaard *et al.*, 2020). Além disso, o quadro instaurado potencializa a HAS em virtude da retenção de sódio, aumenta a resistência à insulina e a vasoconstrição, condições de risco para a formação de aterosclerose que induzem o infarto do miocárdio e o acidente vascular cerebral. Logo, uma RCQ inadequada pode instaurar um quadro de síndrome cardiorrenal no qual há uma conexão negativa entre os sistemas cardiovascular e renal (Maisons *et al.*, 2023).

No entanto, em casos de pacientes em HD, os níveis de IMC um pouco mais elevados tendem a contribuir para uma melhor sobrevida no tratamento, em virtude dos riscos de magreza ou perda de peso induzidas pelas condições hemodialíticas, fazendo com que a RCQ seja um marcador mais interessante para verificar os possíveis riscos cardiovasculares ao longo do tratamento. Estudos de revisão destacaram que, com base no IMC, em pacientes sem diálise,



as razões de risco para eventos cardiorrenal é 0,7, enquanto nos pacientes em HD tais valores sobem para 0,91. Todavia, utilizando-se as medidas de RCQ, esses valores de razão de risco sobem para 1,31 e 1,09, respectivamente (Zimmermann *et al.*, 2024).

Com o treinamento físico associado ao método de RFS, nosso estudo não observou alterações significativas na variável RCQ. Mas, em outras condições sem agravos à saúde, estudos apontaram reduções expressivas em adultos jovens obesos (Su *et al.*, 2024), mas não em adultos com sobrepeso e obesidade (Kong *et al.*, 2025). Logo, levanta-se a hipótese de que alterações promovidas por treinamentos com RFS, nos níveis de circunferência que indicam gordura visceral, podem estar relacionadas à idade.

Todas as variáveis analisadas até aqui (IMC, %G e RCQ) apresentam determinação potencializada a partir dos níveis de resistência à insulina do sistema metabólico. Em nossos achados, apesar de oscilações positivas das médias, que poderia indicar um aumento dos níveis de glicemia, esses valores não se mostraram significativos. No entanto, cabe mencionar que pessoas com DRC já apresentam uma maior dificuldade no controle glicêmico, especialmente com DM associada.

Utilizando a hemoglobina glicada (HBA1c), alguns estudos reportaram a diminuição significativa em níveis sanguíneos com treinamento de força sem RFS (Chen *et*



al., 2024) e com intervenções de exercícios associados ao modelo de tratamento conservador convencional (Liu *et al.*, 2024). Com a utilização de RFS, Deus *et al.* (2021) reportou ganhos em homeostase glicêmica, perfil lipídico, triglicérides e proteína C reativa (PCR). Especificamente sobre a RFS, algumas investigações trouxeram respostas positivas nas diminuições glicêmicas e no metabolismo mitocondrial em pessoas com DM, isso porque a função muscular potencializa a síntese de glicose para geração de energia, em virtude da hiperinsulinemia (Saatmann *et al.*, 2021).

Assim, uma citocina inflamatória que pode ser usada como identificadora da diminuição do sistema imunológico, correlacionada aos aspectos morfológicos em pessoas com DRC, é a IL-6 (Hennigar; Mcclung; Pasiakos, 2017). O aumento da expressão dessa molécula pode acelerar a perda de massa magra (potencializando condições de sarcopenia), aumentar condições de acúmulo de proteínas não dissolvidas na parede dos vasos sanguíneos (aterosclerose) e elevar a produção de resistência à insulina. O conjunto dessas condições expressa a fibrose renal e a progressiva perda da função dos rins (Kreiner *et al.*, 2022; Ridker *et al.*, 2021).

Em nossos achados, o treinamento de força muscular promoveu alterações nas médias dos níveis de IL-6 no grupo com RFS, mas não de forma significativa. Todavia, a depredação dos níveis de IL-6 pode trazer vários benefícios às populações com DRC, tais como: perda da retenção de



toxinas urêmicas; diminuição do estresse oxidativo; redução da gordura visceral e dos níveis glicêmicos; desativação de fibroblastos; menor risco de apoptose das células dos tubos renais; aumento de síntese proteica; e afastamento das condições de sarcopenia (Zhang *et al.*, 2024).

No que se refere ao exercício físico, sabe-se que a IL-6 é liberada pelo músculo esquelético durante o treinamento, visando, especialmente, a regulação energética aguda, ao mesmo tempo em que estimula a proliferação de células imunes, que podem contribuir para efeitos anticancerígenos (Laranja *et al.*, 2023), redução de adiposidade da gordura visceral (Wedell-Neergaard *et al.*, 2019), regulação do metabolismo ósseo (Zhu *et al.*, 2025) e intervenções no sistema endócrino (Pedersen; Febbraio, 2008).

Existem algumas relevantes investigações que usaram a IL-6 como marcador em ensaios clínicos com RFS em pessoas sem DRC. E, em consonância com o que se observou em nossos achados, estudos com protocolos agudos de exercício de força em adultos (Bugera *et al.*, 2018), treinamento de força muscular para obesos sarcopênicos (Alizadeh, 2022) e em pessoas com rompimento do ligamento articular cruzado (LCA) (Kacin *et al.*, 2021) tendem a não apresentar expressões alteradas dessa citocina no organismo dos participantes.

Em termos de limitações, a principal delas, sobretudo levando-se em consideração o âmbito morfológico, foi a



não realização de um controle nutricional dos participantes do estudo. Todavia, em grande parte das investigações que realizam protocolos de intervenção com treinamento físico muscular, tais restrições não são aplicadas. Além disso, por se tratar de pessoas com uma doença com limitações dietéticas já previamente impostas pelo TC, considerou-se a não utilização de alterações no programa alimentar.

A não realização de exames em jejum (glicemia e IL-6) pode ter influenciado em dados superestimados, mas, por outro lado, possibilitou identificar a vida real cotidiana dos participantes. Por outro lado, a inclusão de outros dados bioquímicos, como triglicerídeos, colesterol total, LDL, HDL e hemoglobina glicada poderiam ampliar as análises metabólicas e apresentar interpretações mais sólidas sobre as condições morfológicas da amostra.

Em relação ao protocolo de intervenção, a não utilização de uma maior carga aeróbica ao longo das sessões, normalmente apontada como importante para acelerar o processo metabólico, bem como a realização de um número reduzido de exercícios de força muscular podem ter induzido a subestimação de ganhos, que, eventualmente, poderiam ser observados em mais longo prazo do que em 12 semanas de intervenção.

De todo modo, nossos achados sobre o perfil morfológico e metabólico em pessoas com DRC-3 jogam luz sobre a importância do controle glicêmico, do peso ou gordura cor-



poral e dos riscos de elevados de RCQ, de modo que um protocolo de exercício físico de força pode se tornar uma ação adjuvante para atenuar níveis indesejáveis dessas variáveis.

Conclusões preliminares

Após 12 semanas de um protocolo com treinamento de força muscular associado à restrição de fluxo sanguíneo, pessoas com DRC3, que fizeram uso deste método de treinamento, podem apresentar níveis significativamente maiores de massa gorda, mas, em contrapartida sofreram alterações nas classificações do IMC e %G.

No que tange aos riscos cardiovasculares com base na RCQ, o treinamento pode contribuir para enquadramentos em níveis moderados dessa população. Com relação a expressões de IL-6 e níveis glicêmicos, o protocolo proposto para esse grupo parece não promover alterações significativas prejudiciais.

Por fim, ao comparar com os modelos de treino convencionais e (ou) ausência de treinamento de força, os resultados para IL-6, em relação ao grupo de controle e baixa carga, ainda pouco elucidativos. Enquanto isso, os resultados para %G, favoráveis ao grupo de controle e mantenedores para RFS parecem revelar a necessidade de outros ajustes nas variáveis intervenientes (controle nutricional, aumento de atividade aeróbica etc.) para maior verificação dos resultados.



CAPÍTULO 4

MEDIDAS HEMODINÂMICAS E HIPERTENSÃO ARTERIAL SISTÊMICA

Introdução

De acordo com o Ministério da Saúde, as doenças cardiovasculares (infarto e acidente vascular cerebral), em 2024, foram as responsáveis por mais de 400 mil óbitos (30%) de brasileiros, sendo, ainda, a principal causa morte no Brasil (Brasil, 2025). Quadros de infarto agudo do miocárdio, acidente vascular cerebral (AVC) e insuficiência cardíaca se apresentam como os principais desfechos dessa enfermidade. No entanto, uma das principais doenças de base para o agravo da DCV é a hipertensão arterial sistêmica (HAS) considerada como uma doença crônica, silenciosa e progressiva.

A HAS, em termos clínicos, é diagnosticada com a existência de níveis elevados de pressão arterial (PA) de maneira sustentada e contínua, normalmente confirmada a partir de um exame denominado de manipulação ambulatorial de pressão arterial, MAPA (Gopar-Nieto *et al.*, 2021). Recentemente, em 2025, a Sociedade Brasileira de Cardio-



logia redefiniu os parâmetros para diagnóstico da doença, apontando os valores de aferições em consultório, em duas ocasiões, entre ≥ 140 e/ou 90mmHg como hipertensão, e, entre ≥ 120 -139 e/ou 80-89 mmHg, como pré-hipertensão (SBC, 2025). Para melhorar o manejo clínico, a HAS pode ser considerada como HAS primária (causas multifatoriais que envolvem hábitos de vida, determinações ambientais e genética) ou HAS secundária (que normalmente é desenvolvida por doenças adjacentes).

Em termos fisiológicos, a HAS tem íntima relação com o aumento da resistência vascular periférica (RVP), por conta da força realizada pelas arteríolas utilizada para determinação do fluxo sanguíneo. No entanto, quando ocorre a vasoconstrição, há uma elevação da RVP, potencializando os níveis de pressão arterial. Nesse contexto, o sistema nervoso autônomo (SNA), o sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA), a disfunção endotelial e a função renal se tornam componentes essenciais para a regulação pressórica (Shanoud; Sanvictores; Aeddula, 2023).

Assim, enquanto o SNA controla a liberação de noradrenalina para ajustes de frequência cardíaca, força de contração e vasoconstrição em episódios agudos, o SRAA contribui para regulação do volume dos líquidos corporais a partir da emissão de enzimas (renina, angiotensina I, Angiotensina II e aldosterona) para liberação e (ou) reabsorção de sódio e água para ajustes no débito cardíaco (McArdle;



Katch; Katch, 2017; Reboussin *et al.*, 2017). Enquanto isso, o endotélio dos vasos, de acordo com a demanda pressórica, pode liberar substâncias vasodilatadoras (óxido nítrico e prostaciclina) ou vasoconstritoras (endotelina-1) para regulação da PA, da mesma forma que os rins, em suas funções de filtração sanguínea, pode ajudar na retenção e (ou) excreção de água ou sódio, de acordo com a demanda pressórica do indivíduo (Sanjuliani, 2002; Kreutz *et al.*, 2024). Todavia, o diagnóstico de HAS revela um desajuste nesses sistemas.

Como pôde ser observado, os rins têm um papel fundamental na regulação pressórica, não sendo à toa que pessoas com DRC já apresentam quadros de HAS e (ou) os desenvolvem ao longo do diagnóstico e da progressão da doença. Estima-se que, em torno de 30 a 40% de pessoas com DRC apresentam quadros de HAS (Pontes *et al.*, 2024; SBN, 2021). Uma das explicações fisiopatológicas para essa condição é a perda de néfrons ocorrida no processo natural de envelhecimento e na manifestação de quadros de DRC, contribuindo, assim, para o desajuste do sistema pressórico (Keller *et al.*, 2023).

De acordo com Burnier e Damianaki (2023), existe uma relação bidirecional entre DRC e HAS, tendo em vista os altos níveis de prevalência de HAS em pessoas com DRC, bem como os benefícios identificados nos ajustes para pacientes com HAS na proteção do sistema renal. Nesse sentido, os manejos farmacológicos para controle pressórico



visam, antes de tudo, a diminuição da incidência de eventos cardiovasculares (KDIGO, 2026; 2024). Isso ocorre porque o avanço da DRC apresenta um aumento nos quadros de microalbuminúria, colaborando para possíveis disfunções endoteliais e nefropatias que ampliam as chances de eventos cardiovasculares.

Desse modo, em pessoas com DRC em TC, as intervenções clínicas farmacológicas apontam para o controle da PA ($\geq 130/80$ mmHg), a diminuição dos níveis de albuminúria e o afastamento de chances de retinopatia e eventos cardiovasculares. Já para pacientes em HD, buscam-se mecanismos mais proeminentes de ajustes na PA ($\geq 140/90$ mmHg antes HD e $\geq 130/80$ mmHg após HD) por conta da hipervolemia (aumento anormal de volume de líquido no sistema circulatório) relacionada a rigidez arterial, hiperatividade simpática e uso de medicamentos (Leite *et al.*, 2020; KDIGO, 2024). Em pessoas com DRC-3, alvos desta investigação, as chances de eventos cardiovasculares em virtude da HAS aumentam de duas a quatro vezes (Liu *et al.*, 2014).

Por conta disso, estratégias não farmacológicas também são sugeridas pela SBN (2024) e SBC (2025) para controle da HAS. Dentre elas, destacam-se: diminuição de ingestão de álcool e de uso do tabaco; manutenção de uma dieta saudável para níveis de índice de massa corporal entre 18 e 24kg/m^2 ; restrições para uso de sal; aumento de ingestão de



potássio; exercício de atividades de espiritualidade e controle do estresse; e prática regular de atividade física.

Os benefícios da atividade física ou do exercício físico para o controle da HAS já foram intensamente reportados pela ciência, sendo ela a primeira doença crônica ou agravamento à saúde estudada visando compreender essas relações. Em termos de exercícios aeróbicos, há uma redução da pressão arterial sistólica (PAS) e da pressão arterial diastólica (PAD) em termos clínicos (-3,0/-2,4 mmHg), bem como a PA de 24 horas, especialmente com intensidades leve a moderada, realizados de 3 a 5 vezes por semana, com duração de 40 a 50 minutos, com uma intensidade de 40 a 70% da frequência cardíaca de reserva. Para os treinamentos de força muscular, também há evidência de diminuição de PAS e PAD (-3,2/-3,5 mmHg), mas com restrições de carga em 50% 1RM, por conta dos riscos de picos pressóricos. Nesse último caso, os protocolos podem ter de 8 a 10 exercícios, com realização em 1 a 3 séries ao longo de 2 a 3 vezes por semana (Cardoso Junior *et al.*, 2013; Sharman; La Gerche; Coombes, 2015; Domínguez; Garnacho-Castaño; Maté-Muñoz, 2016; Medina; Carretero, 2020).

Em pacientes com DRC, algumas investigações já identificaram: diminuição da PAD e adequação dialítica, Kt/v (Kataoka *et al.*, 2023); diminuição da PA intradialítica (Ramadã *et al.*, 2024); e ainda benefícios na função microvascular, função arterial condutora e melhora na rigidez



arterial (Wilkison *et al.*, 2020). Todavia, as evidências ainda não são consolidadas, especialmente em pessoas com DRC em TC, cujos comportamentos e hábitos são similares aos de indivíduos com doenças crônicas que não apresentam o acompanhamento contínuo na rotina de tratamento, obrigando as intervenções com protocolos de treinamento físico a respeitarem alguns cuidados, como a não realização de exercícios com PA $\geq 160/100$ mmHg (Aucella *et al.*, 2015).

Por conta dos riscos do treinamento de alta intensidade, recentemente modelos de exercícios associados ao método de RFS têm sido usados como alternativa para ganhos similares ao conquistados com treinos convencionais, como ampliação dos níveis de força, de massa magra e hipertrofia muscular (Cirilo-Sousa *et al.*; 2025a, 2025b; Cirilo-Sousa; Rodrigues Neto, 2018; Brito, 2022; Laurentino *et al.*, 2012; Takarada *et al.*, 2000). Nos casos de alterações hemodinâmicas, evidências já apresentam estabilidades pressóricas em mulheres com HAS controlada (Silva, 2017), mas sinalizaram riscos nas adaptações hemodinâmicas por conta do estresse do exercício em pessoas com cardiopatia isquêmica (Cuyul-Vásquez, 2020).

Quando se avalia a associação entre DRC e RFS na variável hemodinâmica, os estudos ainda são incipientes, muito provavelmente pela condição de aceleração do envelhecimento cardiovascular estimulada pela doença (Rolnick *et al.*, 2022). Todavia, ainda que evidências direcionem



para melhorias no Kt/v, diminuição da PA em 24 horas, potenciais adaptações isquêmicas, benefícios na função autonômica, elevação do Δ dos intervalos de R-R e desvios em N-N do eletrocardiograma (Clarkson *et al.* 2020; Correia *et al.*, 2021; Deus *et al.*, 2021), tais informações se referem a pacientes em HD e não TC. Logo, instaura-se uma lacuna importante para ser investigada em detrimento da grande variabilidade das condições das populações com DRC.

Nesse sentido, o objetivo deste capítulo foi avaliar as possíveis modificações de um treinamento de força muscular associado à RFS, em comparação com os modelos convencionais de treinamento, nas medidas hemodinâmicas de pessoas com DRC-3.

Resultados

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados das comparações intra e entre grupos das medidas hemodinâmicas antes e após 12 semanas do protocolo de intervenção de força muscular.



Tabela 1 – Comparação das medidas hemodinâmicas intragrupos depois de 12 semanas de intervenção com treinamento de força muscular

Variáveis	G1				G2				G3				G4			
	T0	T1	p-valor	Cohen's d	T0	T1	p-valor	Cohen's d	T0	T1	p-valor	Cohen's d	T0	T1	p-valor	Cohen's d
PAS (mmHg)	137,8 ± 12,2	132,2 ± 8,6	0.021*	-0.45	145,6 ± 29,8	140,8 ± 17,8	0.035*	-0.42	142,6 ± 13,4	140,6 ± 15,4	0.220	-0.20	131,5 ± 12,4	129,1 ± 15,1	0.180	-0.22
PAD (mmHg)	88,7 ± 11,9	86,9 ± 11,5	0.045*	-0.32	86,0 ± 14,0	89,2 ± 10,3	0.320	0.15	85,6 ± 11,7	82,2 ± 8,4	0.018*	-0.45	81,1 ± 8,0	79,3 ± 9,4	0.120	-0.28
FC (bpm)	74,8 ± 15,3	70,1 ± 12,0	0.032*	-0.38	76,0 ± 11,0	74,3 ± 9,6	0.780	0.05	70,7 ± 7,4	65,1 ± 9,7	0.280	-0.18	70,9 ± 13,4	70,0 ± 13,0	0.200	-0.21
SPO ₂ (%)	97,1 ± 1,5	98,7 ± 0,4	0.001*	0.82	96,1 ± 2,4	96,7 ± 2,6	0.045*	0.35	96,1 ± 1,7	97,6 ± 0,8	0.001*	0.75	96,3 ± 2,1	98,0 ± 0,4	0.001*	-0.25
PAM (mmHg)	104,8 ± 18,9	102,3 ± 10,3	0.028*	-0.40	105,8 ± 18,9	106,4 ± 11,0	0.550	-0.10	104,5 ± 11,7	101,6 ± 10,2	0.040*	-0.40	97,9 ± 8,7	95,9 ± 9,8	0.180	-0.22
Duplo produto (bpm·mmHg)	10.347,3 ± 2607,7	9.347,9 ± 1621,9	0.015*	-0.50	11.122,7 ± 3.080,2	10.514,3 ± 2.155,2	0.420	-0.12	10.061,7 ± 1.294,9	9.211,2 ± 2.070,6	0.380	-0.15	9.285,2 ± 1.783,8	8.952,9 ± 1.533,7	0.150	-0.225
Pressão de pulso (bpm)	49,1 ± 6,0	46,7 ± 5,1	0.065	-0.30	59,6 ± 17,7	51,6 ± 15,5	0.005*	-0.65	57,0 ± 8,4	58,4 ± 9,7	0.420	0.14	50,4 ± 9,2	49,8 ± 13,3	0.650	-0.07

Legenda: * = p-valor ≤ 0.05; G1, grupo sem intervenção física (grupo de controle); G2, grupo de baixa carga; G3, grupo de alta carga; G4, grupo de baixa carga com restrição de

fluxo sanguíneo; PAS, pressão arterial sistêmica; PAD, pressão arterial diastólica; FC, frequência cardíaca; SPO2, saturação de oxigênio; PAM, pressão arterial média; mmHg, milímetros de mercúrio; BPM, batimentos por minuto.

Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

Tabela 2 – Comparação das medidas hemodinâmicas do G4 com os demais grupos depois de 12 semanas de intervenção com treinamento de força muscular

Grupos/ variáveis	G1xG4		G2xG4		G3xG4	
	p-valor	Cohen's d	p-valor	Cohen's d	p-valor	Cohen's d
PAS	0.467	0.333	0.131	0.708	0.111	0.751
PAD	0.125	0.720	0.038*	1.001	0.477	0.324
FC	0.986	0.008	0.415	0.373	0.354	-0.425
SPO ₂	0.004*	0.250	0.141	-0.689	0.207	-0.586
PAM	0.173	0.634	0.038*	1.002	0.217	0.572
Duplo produto	0.583	0.250	0.078	0.835	0.755	0.142
Pressão de pulso	0.503	-0.306	0.784	0.124	0.118	0.735

Legenda: * = p-valor ≤ 0.05; G1, grupo sem intervenção física (grupo de controle); G2, grupo de baixa carga; G3, grupo de alta carga; G4, grupo de baixa carga com restrição de fluxo sanguíneo; PAS, pressão arterial sistêmica; PAD, pressão arterial diastólica; FC, frequência cardíaca; SPO2, saturação de oxigênio; PAM, pressão arterial média.

Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

Ainda que tenha havido uma diminuição positiva das médias em todas as variáveis hemodinâmicas no G4 (RFS), apenas a variável saturação de oxigênio (p=0.001, d=-0.25) apresentou melhora significativa, com tamanho de efeito pequeno.



O G3 apresentou ganhos positivos, com significância estatística, na PAD ($p=0.018$; $d=0.45$), SPO_2 ($p=0.001$, $d=0.75$) e PAM ($p=0.040$, $d=0.40$), com tamanhos de efeito de pequenos e médios.

O G2 obteve melhoras significativas para PAS ($p=0.035$, $d=-0.42$), SPO_2 ($p=0.045$, $d=0.35$) e pressão de pulso ($p=0.005$, $d=-0.65$), com efeitos medianos.

No grupo de controle (G1), a única variável que não apresentou diferença estatística foi a pressão de pulso, tendo as demais alterações positivas com tamanhos de efeito pequeno: PAS ($p=0.021$, $d=-0.45$), PAD ($p=0.045$, $d=-0.32$), FC ($p=0.032$, $d=-0.38$), SPO_2 ($p=0.001$, $d=0.82$), PAM ($p=0.028$, $d=-0.50$) e duplo produto ($p=0.015$, $d=0.015$).

Desse modo, os dados parecem indicar que o protocolo proposto proporcionou, em todos os grupos expostos à intervenção (com efeitos moderados a grandes, $d=0,35-0,85$), melhoras significativas na variável SPO_2 , mesmo que os exercícios ainda estivessem voltados para o treinamento de força muscular.



Tabela 3 – Comparação das medidas hemodinâmicas intragrupos antes e depois de uma sessão intervenção com treinamento de força muscular ao longo de 12 semanas

Variáveis	G2				G3				G4			
	T0	T1	p-valor	Cohen's d	T0	T1	p-valor	Cohen's d	T0	T1	p-valor	Cohen's d
PAS (mmHg)	141,3 ± 19,1	141,5 ± 24,2	0.937	0.026	138,5 ± 16,8	137,2 ± 17,5	0.320	-0.080	124,8 ± 14,5	122,1 ± 15,2	0.120	-0.180
PAD (mmHg)	83,1 ± 13,7	82,0 ± 14,7	0.650	-0.080	78,2 ± 10,5	77,8 ± 11,2	0.750	-0.040	73,5 ± 8,8	72,8 ± 9,5	0.450	-0.080
FC (bpm)	82,8 ± 11,3	91,4 ± 15,3	0.012*	0.670	79,8 ± 9,8	85,6 ± 12,3	0.010*	0.520	76,2 ± 12,1	80,1 ± 13,5	0.040*	0.300
PAM	102,5 ± 13,5	101,9 ± 15,2	0.780	-0.050	98,3 ± 11,2	97,6 ± 12,1	0.600	-0.600	90,6 ± 9,8	89,2 ± 10,5	0.300	-0.140
Duplo produto	11.800 ± 2.300	12.800 ± 2.800	0.045*	0.400	11.000 ± 2.000	11.700 ± 2.500	0.030*	0.310	9.500 ± 1.800	9.800 ± 2.000	0.200	0.160
Pressão de pulso	50,2 ± 16,8	49,5 ± 19,5	0.850	-0.400	60,3 ± 15,2	59,4 ± 16,0	0.550	-0.060	51,3 ± 12,5	49,3 ± 13,2	0.250	-0.160

Legenda: * = p-valor ≤ 0.05; G1 – grupo sem intervenção física (grupo controle); G2 – grupo de baixa carga; G3 – grupo de alta carga; G4 – grupo de baixa carga com restrição de fluxo sanguíneo; PAS – pressão arterial sistêmica; PAD – pressão arterial diastólica; FC – frequência cardíaca; SPO2 – saturação de oxigênio; PAM – pressão arterial média; mmHg – milímetros de mercúrio; BPM – batimentos por minuto.

Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

Tabela 4 – Comparação das medidas hemodinâmicas do G4 com os demais grupos depois de 12 semanas de intervenção com treinamento de força muscular

Grupos/variáveis	G2XG4		G3XG4	
	p-valor	Cohen's d	p-valor	Cohen's d
PAS	0.046*	0.96	0.054*	0.92
PAD	0.050*	0.95	0.110	0.62
FC	0.320	0.32	0.040*	0.70
PAM	0.035*	1.05	0.080	0.80
Duplo produto	0.008*	1.25	0.030*	1.00
Pressão de pulso	0.900	0.02	0.040*	1.00

Legenda: * = p-valor ≤ 0.05 ; G1, grupo sem intervenção física (grupo de controle); G2, grupo de baixa carga; G3, grupo de alta carga; G4, grupo de baixa carga com restrição de fluxo sanguíneo; PAS, pressão arterial sistêmica; PAD, pressão arterial diastólica; FC, frequência cardíaca; SPO₂, saturação de oxigênio; PAM, pressão arterial média.

Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025)

Em relação à comparação entre os grupos, o G4 apresentou diferenças significativas nas variáveis PAD (p=0.038, d=1.001) e PAM (p=0.038, d=1.002), com o G2 (baixa carga), com tamanhos de efeitos grandes; e SPO₂ (p=0.004, d=0.25) com o G1, com efeito pequeno. A variável PAM indicou que o treinamento de força com RFS pode ter promovido diminuições positivas, em comparação ao não uso do método com um protocolo de baixa carga.

No entanto, em termos de controle pressórico clínico, é importante sinalizar que, com relação à PAM, com base nos valores de referência de normalidade (70-100mmHg),



apenas o G4 apresentou condições adequadas antes e depois do protocolo de treinamento

Ainda nesse sentido, para o DP (>12.000 bpm. mmHg em exercícios) e PP (40-60 mmHg) nenhum dos grupos apresentou resultados acima dos prescritos como inadequados para maior risco cardiovascular.

As tabelas 3 e 4 apresentam os resultados das médias diárias durante as sessões de treinamento das medidas hemodinâmicas.

Em todos os grupos, houve aumento significativo da frequência cardíaca após sessão de treinamento – G2 ($p=0.12$; $d=0.670$), G3 ($p=0.010$; $d=0.520$) e G4 ($p=0.040$, $d=0.300$) –, com tamanhos de efeitos medianos.

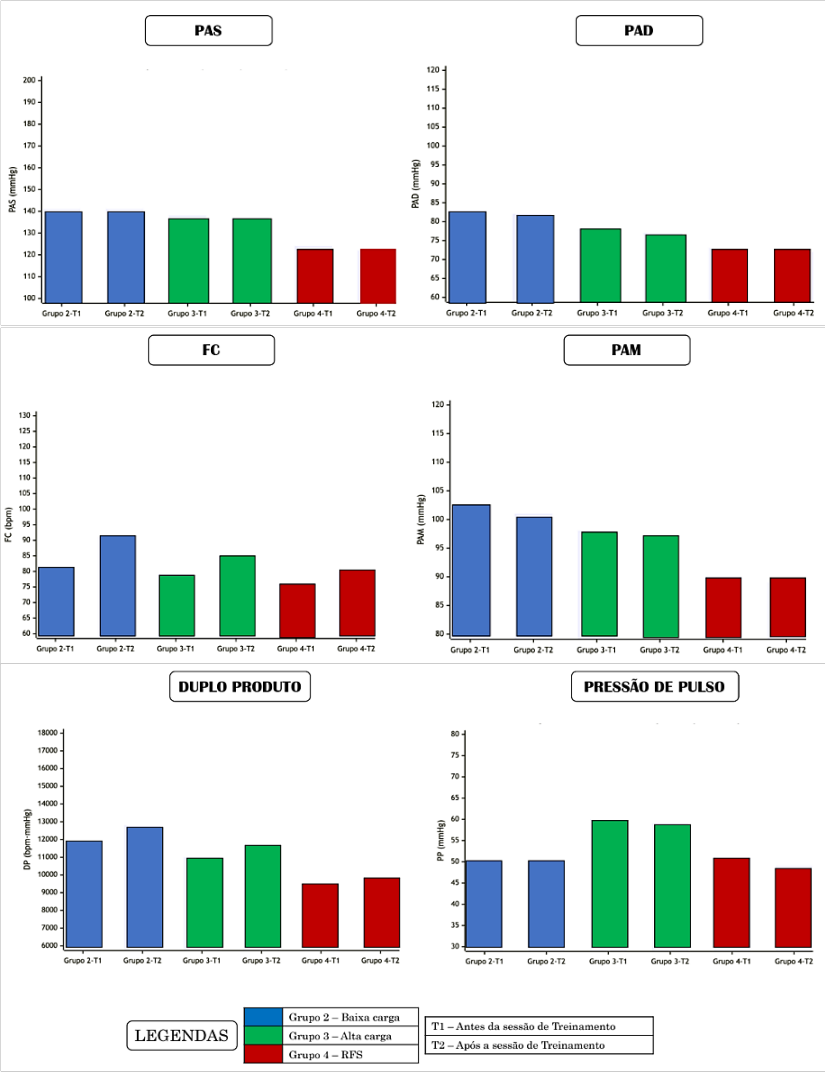
No G2 ($p=0.045$, $d=0.400$) e no G3 ($p=0.030$, $d=0.310$), o treinamento também proporcionou um aumento médio dos valores de duplo produto, mas com tamanhos de efeitos pequenos.

Para o G4, com exceção da FC (com diferença estatística) e duplo produto, as demais medidas hemodinâmicas apresentaram diminuição das médias após o treinamento.

Desse modo, os resultados sugerem que não ocorreu alteração alguma significativa consistente nos grupos, sugerindo a não incidência de danos no uso do protocolo com o método de RFS desenvolvido para essa população. Isso porque, no G4, houve uma menor resposta hemodinâmica no âmbito geral.



Figura 1 – Boxplot da comparação das medidas hemodinâmicas intragrupos antes e depois de uma sessão intervenção com treinamento de força muscular, ao longo de 12 semanas



Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

No entanto, cabe ressaltar, que houve aumento nos valores de DP (com significância) e PAM (sem significância), no G2, acima dos padrões normais, após uma sessão de treinamento, apontando para uma possível demanda de oxigênio miocárdio.

Os resultados de PP apresentaram normalidade dos padrões de referência em todos os grupos, antes e depois de uma sessão de treinamento.

A figura 1 apresenta a síntese das comparações descritas acima.

Para a comparação das medidas hemodinâmicas antes e depois de uma sessão de treinamento, os dados podem ser observados na Tabela 4.

As variáveis PAS, PAD, PAM e DP foram estatisticamente diferentes, com variações grandes de tamanho de efeito ($d=0,95 - 1.25$) entre o G4 e G2. Isso implica dizer que pode ter havido maior intensidade dinâmica, com estresse cardiovascular, em virtude do DP elevado e da resposta cronotrópica acentuada no G2.

Na comparação entre o G4 e G3, as medidas de PAS, FC, DP e PP tiveram significância estatística, com efeitos de medianos a grandes ($d=0.70 - 1.00$). Nesse caso, o G3 apresentou níveis mais elevados de PP e DP depois da intervenção, contribuindo para alterações mais intermediárias das condições pressóricas.



Em síntese, o G4 pode ter apresentado maior estabilidade nas referências hemodinâmicas. Em contrapartida, o G2 obteve maior carga cardiovascular, enquanto o G3, em virtude da PP elevada, indicou padrões oscilatórios hemodinâmicos.

Discussão

Os resultados deste estudo demonstram os efeitos distintos dos diferentes protocolos de treinamento sobre a hemodinâmica de pessoas com DRC-3. O aumento significativo de forma crônica da saturação de oxigênio (SPO_2), em todos os grupos intervencionais (G2, G3 e G4), representa um achado fisiológico relevante, particularmente considerando que o treinamento foi predominantemente de força muscular. Esse resultado sugere melhorias na eficiência do transporte e da utilização de oxigênio, possivelmente mediadas por adaptações microvasculares e melhor perfusão tecidual.

Em termos fisiológicos, a SPO_2 é a quantidade de hemoglobina arterial que se liga ao oxigênio durante todo o processo de transporte de oxigênio pelo sangue, demonstrando uma atividade eficiente da oxigenação dos tecidos (Singhal *et al.*, 2023). Nesse processo, incluem-se: a ventilação pulmonar, com a troca de gases nos alvéolos; a difusão alveolocapilar, com a transferência do oxigênio para o sangue; e, efetivamente, o transporte e a liberação tecidual para



entrega desse oxigênio aos tecidos periféricos. Aspectos como pH, temperatura corporal, sistema renina-angiotensina-aldosterona e funções endoteliais interferem diretamente na regulação do SPO_2 (Hafen; Shamarma, 2022).

Durante a prática de exercício físico, em indivíduos treinados, o SPO_2 , convencionalmente, sofre uma manutenção das funções e (ou) um leve aumento (Gonzalez *et al.*, 2024). Mas, em populações com algum risco clínico, como DRC, pode haver uma dessaturação transitória, em virtude da possibilidade de presença de quadros anêmicos, da própria disfunção endotelial que compromete a microcirculação, da acidose metabólica e da retenção de toxinas urêmicas (especialmente em casos de HD) (Liu *et al.*, 2022).

Não há estudos que avaliem essa variável com pessoas com DRC em TC. No entanto, em pessoas em HD, alguns achados, com uso de treinamento aeróbico, sinalizaram melhoras na saturação em treinamento intradialítico com complementar elevação de fósforo e diminuição de capacidade antioxidante (Bohm *et al.*, 2017). E, com adição de estimulação neuromuscular para membros inferiores associados ao treinamento aeróbico, o protocolo parece não apresentar mudanças significativas na saturação do oxigênio, ainda que haja uma elevação da frequência cardíaca (Corrêa *et al.*, 2024). Em nossos achados, a melhora nos quadros de SPO_2 pode estar relacionada à inclusão, no protocolo, de um momento aeróbico (cicloergômetro) para o aquecimento neu-



romuscular, bem como à existência de 4 dos 9 exercícios de força voltados para os membros inferiores, essenciais para o processo de reperfusão tecidual.

A saturação de oxigênio representa um indicador integrativo da eficiência do sistema de oxigenação, sendo particularmente relevante em populações com comprometimentos múltiplos como a DRC. As melhoras observadas, após intervenções com exercício, sugerem adaptações positivas tanto na função cardiopulmonar quanto na microcirculação periférica, reforçando o papel do exercício físico de força como estratégia terapêutica integral na doença renal crônica.

Em relação às demais variáveis, o treinamento com RFS (G4) pareceu induzir respostas hemodinâmicas distintas, mas extremamente convencionais, quando se trata da relação entre exercício de força muscular e PA, a saber: acúmulo de metabólitos (lactato, íons hidrogênio) que estimulam a vasodilatação; aumento da ativação de fibras musculares tipo II com menor demanda cardiovascular; liberação de óxido nítrico e outros fatores vasoativos; e melhora da função endotelial através de estresse hemodinâmico controlado (Carlson *et al.*, 2014; Carpio-Rivera *et al.*, 2016). Essa hipótese pode ser aventada pelo fato de que o G4 foi, dentre os grupos, aquele que melhor obteve estabilidade no perfil hemodinâmico, com uma tendência à redu-



ção em PAS, PAD, PAM e PP, ainda que não tenha ocorrido significância estatística.

Essa estabilidade é clinicamente relevante para pacientes com DRC, que frequentemente apresentam variabilidade pressórica e disfunção autonômica cardiovascular. A manutenção da PAM dentro dos parâmetros de normalidade (70 a 100 mmHg), antes e depois da intervenção no G4, contribui para menores danos hemodinâmicos do método RFS nessa população, uma das principais questões quando se associa RFS, treinamento de força e DRC.

Esses achados estão em concordância com Silva (2017), que observou estabilidade pressórica em mulheres hipertensas submetidas ao treinamento com RFS, sugerindo que o método pode promover adaptações cardiovasculares favoráveis sem elevações pressóricas excessivas. No entanto, em populações com DRC, Deus *et al.* (2021), ao se debruçarem no papel do exercício físico de força muscular no equilíbrio redox em pessoas em HD, perceberam uma melhora na função cardíaca autônoma, associada a possíveis estabilidades na emissão de óxido nítrico e na regulação do sistema renina-angiotensina-aldosterona. Diferentemente, Clarkson *et al.* (2000) identificaram um aumento nos níveis de PA, FC e PAM depois do exercício, ainda que tais valores não afetassem o Kt/v e houvesse o retorno aos padrões normais após 60 minutos do treinamento. Por fim, Correia *et al.* (2021) também apresentaram benefícios na diminuição dos



níveis de PA após 24 horas de treinamento de força muscular associado ao RFS, sugerindo uma adaptação potencial ao estímulo isquêmico.

Um importante achado, utilizando exercícios combinados, apontou para o aumento da densidade capilar e a quantidade de capilares em um protocolo hemodialítico, ao longo de 22 semanas (Lewis *et al.*, 2015). Mas, tempos depois, somente com atividades aeróbicas por 30 minutos, em 2 semanas, na HD, conseguiu-se reduzir apenas a PAD, ainda que se tenha avaliado medidas hemodinâmicas, adequação dialítica e perfil bioquímico (Kataoka *et al.*, 2023). Feito bem alcançado por Ramadã *et al.* (2024), que, ampliando o tempo de treinamento (32 semanas), conseguiram diminuir os níveis séricos de cálcio e hipertensão intradialítica. Desse modo, a intensidade do exercício e a longevidade de sua atuação parecem indicar respostas hemodinâmicas melhores com e sem uso da RFS e com exercícios de força muscular, aeróbicos e (ou) combinados.

Em contraste com os modelos convencionais de treinamento de força muscular aqui analisados, os grupos G2 e G3 apresentaram aumentos significativos no duplo produto, de forma aguda, durante o período de intervenção física, indicando a possibilidade de uma maior demanda de oxigênio miocárdico durante o exercício. Esse achado é possivelmente relevante, considerando que valores elevados de DP (>12.000 bpm·mmHg) estão associados com maior pos-



sibilidade de isquemia miocárdica em populações de risco. Isso porque o DP descortina uma demanda de oxigênio aumentada do miocárdio, uma elevação do trabalho cardíaco e alerta para impactos gerais no estresse cardiovascular (Neunhäuserer *et al.*, 2021; Caldwell *et al.*, 2020).

Há uma tendência de que, durante o exercício físico, haja um aumento progressivo do DP durante a intensidade do treinamento, em virtude da demanda de consumo de oxigênio, ocasionando uma maior demanda metabólica, uma elevação da PAS (por conta de uma maior resistência vascular periférica) e emissão de hormônios do sistema simpático (noradrenalina). Em nosso estudo, pelo menos em relação à PAS, não houve esse aumento, ainda que os valores de referência para as populações renais, para identificar a incidência de um possível estresse moderado, tenham sido visíveis no G2 e no G3. Em síntese, no G2, houve um aumento significativo, sugerindo um maior estresse cardiovascular; no G3, uma resposta moderada; e, no G4, graus de estabilidade com indícios de não apresentação de danos severos.

O monitoramento do DP, em população com DRC, durante o exercício físico, é essencialmente importante, tendo em vista os graus elevados de rigidez arterial, disfunção endotelial, amplitude das respostas do sistema simpático e redução de reservas coronarianas observadas nessa população (Zhu *et al.*, 2021; Ying *et al.* 2024; Vondenhoff *et al.*, 2024). No contexto da DRC, onde o risco cardiovascular



está substancialmente aumentado, a utilização do DP, como guia para prescrição do exercício, pode contribuir significativamente para a otimização do risco e benefício das intervenções com atividade física.

Mas, como, em nossos achados, as alterações não foram observadas na PAS, na FC foi onde puderam ser identificadas as elevações agudas promovidas pelo protocolo de intervenção. Assim, ainda que, em todos os grupos de intervenção, houvesse uma alteração estatisticamente significativa aguda da FC após o treinamento, foi no G2 (baixa carga convencional) que essa alteração se mostrou como uma resposta cronotrópica mais acentuada. Essa situação pode apontar para uma maior ativação simpática, ou menor eficiência cardiovascular durante o exercício físico de força muscular, ainda que com a utilização de cargas mais baixas e repetições mais elevadas.

Para pacientes com DRC-3, que apresentam risco cardiovascular 2 a 4 vezes maior que a população geral (Liu *et al.*, 2014), a estabilidade hemodinâmica observada no G4 tem implicações clínicas relevantes, como a segurança cardiovascular (com menor risco de picos pressóricos agudos), a adequação ao perfil clínico (por conta da baixa frequência de uso de treinamentos com alta intensidade) e a potencial adesão à prática do exercício físico a longo prazo, por trazer menor sobrecarga cardiovascular.



Os resultados deste estudo complementam evidências emergentes sobre RFS em populações clínicas. Enquanto Cuyul-Vásquez (2020) alertou para possíveis riscos em pacientes com cardiopatia isquêmica, nossos dados sugerem que, em pacientes com DRC-3, adequadamente selecionados, o método pode não apresentar riscos severos, sendo, assim, potencialmente benéfico.

A melhora na SPO_2 observada em todos os grupos corrobora os achados de Wilkison *et al.* (2020), que relataram benefícios na função microvascular de pacientes com DRC submetidos a programas de exercícios.

Desse modo, com base nos resultados, algumas considerações para prescrição do exercício em DRC-3 emergem como pontos fortes desta investigação, a saber: o método de RFS como uma alternativa viável para pessoas com DRC, com limitações para exercícios de força muscular com altas intensidades; a importância do monitoramento do DP como um parâmetro sensível para identificação rápida do estresse cardiovascular; a observação contínua das possíveis estabilidades hemodinâmicas, essencial para a prática clínica com pessoas com alterações pressóricas eminentes; e a possível individualização de intensidade conforme o perfil hemodinâmico dos indivíduos.

Em termos de limitação, não houve qualquer tipo de controle nutricional. Assim, alimentos ricos em sal, ao longo



do período de treinamento, podem ter promovido alguma mudança hemodinâmica não adequada. Além disso, não foi feito nenhum tipo de intervenção farmacológica para regulação pressórica dos participantes, com orientação para os participantes de manutenção do uso dos manejos clínicos indicados pelos médicos. Mas a inexistência de eventos cardiovasculares durante o período de intervenção pode sugerir a adequação positiva da relação do treino proposto com a medicação utilizada.

Além disso, não houve um monitoramento, a longo prazo, das medidas hemodinâmicas, de modo que se pudessem verificar os danos e (ou) benefícios sustentados do protocolo de treinamento nessas medidas. Talvez protocolos com maior durabilidade, em formato de coorte, possam sinalizar outras respostas específicas para essa população. Aqui, também, a quantidade limitada da amostra impossibilita a extrapolação dos achados para populações maiores.

Em relação ao protocolo de treinamento, também não foram exploradas as correlações entre intensidade, volume e frequências, nem feita uma análise dos mecanismos fisiológicos específicos das adaptações hemodinâmicas, como a inclusão de medidas de função endotelial e variabilidade da frequência cardíaca que pudessem dar robustez à análise. É importante, também, salientar a busca de algum tipo de relação entre a função renal e as medidas hemodinâmi-



cas aferidas durante o processo de intervenção com exercício físico de força muscular.

Conclusões preliminares

O treinamento de força muscular com RFS demonstrou promover estabilidade hemodinâmica em pacientes com DRC-3, com respostas cardiovasculares agudas mais favoráveis, se comparado aos protocolos convencionais.

Esses achados reforçam a viabilidade e a não promoção de danos severos do método RFS como alternativa de exercício físico de força muscular para essa população, particularmente em pacientes com limitações para exercícios de alta intensidade.

A melhora consistente na oxigenação observada em todos os grupos intervencionais ressalta o potencial do treinamento de força muscular para promover adaptações cardiovasculares positivas em pessoas com DRC.



CAPÍTULO 5

DRC, LESÃO MUSCULAR E RISCO DE TROMBOSE

Introdução

O monitoramento de biomarcadores séricos constitui uma ferramenta fundamental na avaliação das respostas orgânicas às intervenções terapêuticas não farmacológicas, especialmente em populações clínicas como a de pessoas com DRC. Quando se trata de exercícios de força, que realizam estresses mecânicos e musculares, as intervenções podem causar algum dano e (ou) lesão nos vasos sanguíneos, especialmente quando se trata do método de RFS.

Dentre esses marcadores, a creatinofosfoquinase (CPK) e a aldolase se destacam como indicadores sensíveis de lesão e estresse muscular.

A CPK é uma enzima elevadamente presente no tecido muscular esquelético, cardíaco e cerebral (tecidos que costumemente usam energia de maneira aguda e rápida), cujos níveis séricos aumentam expressivamente em resposta a danos na membrana celular muscular (Schneider *et al.*, 1995). Isso ocorre em virtude do papel metabólico que



a enzima exerce nas células, contribuindo com a disponibilidade de energia para catalização do fosfato de creatina e para o difosfato de adenosina (ADP), proporcionando a regeneração do trifosfato de adenosina (ATP). O resultado da ação fisiológica é a manutenção da energia nos músculos para atividades, sobretudo as de alta intensidade (Guimarães-Ferreira, 2014).

A CPK não é considerada como um marcador para identificar a função renal. No entanto, o aumento da expressão dessa enzima, contribuindo para a instauração de quadros de rabdomiólise, de alguma forma, pode instaurar quadros de lesão renal aguda. A rabdomiólise pode ser compreendida como uma necrose rápida das fibras do músculo esquelético, em virtude do aumento da sobrecarga da lesão, permitindo o extravasamento de seu conteúdo intracelular para a corrente sanguínea (Bagley; Yang; Shah, 2007). O grau de toxicidade das substâncias (CPK e mioglobina) pode levar a danos renais, em virtude da maior necessidade de filtração de ferro e radicais livres, bem como a formação de túbulos para restrição do fluxo urinário (Subashri *et al.*, 2023). Logo, contínuos episódios de lesão renal aguda são prejudiciais para a estabilidade do parênquima renal.

De forma semelhante, a aldolase, uma enzima glicolítica intracelular, é fundamental para a realização da glicólise, tendo em vista seu papel de quebra da glicose para a produção enérgica do ATP (Brancaccio; Lippi; Maffulli,



2010). Como a CPK, ela está presente no músculo esquelético e no cérebro, mas também pode ser identificada no fígado e em hemácias. Desse modo, essa enzima catalisa a quebra de frutose -1,6-bisfosfato em duas moléculas de carbono (gliceraldeído-3-fosfato e dihidroxiacetona fosfato), e sua fosforização proporciona o processo glicolítico para a formação de novos ATPs (Zhang *et al.*, 2017).

Como a aldolase também é liberada na corrente sanguínea, ela pode ser considerada um sinalizador para miopatias inflamatórias, especialmente na sinalização da informação de aumento da expressão de mioglobina e a instauração de quadros de rabdomiólise. No entanto, a elevação da aldolase não apresenta toxicidade, nem há interação na função renal, apesar de constituir uma resposta de possíveis aumentos de expressões de mioglobina na corrente sanguínea. Assim, na vigência de injúria muscular, serve como um marcador complementar de integridade tissular.

Paralelamente a tais enzimas, o Dímero-D é um produto de degradação da fibrina, um pedaço de proteína produzido pelo coágulo sanguíneo, também denominado de trombo, quando ocorre o processo de fibrinólise do corpo (Muñoz Rodríguez, 2020; Soto; Monreal, 2005). O mecanismo ocorre quando incide uma hemorragia, levando à conversão de fibrinogênio em fibrina para a estabilização do coágulo trombótico. Mas, quando não há mais necessidade dessa proteção, há a depredação da fibrina pela plasmina,



e o Dímero-D é um subproduto dessa queda (Rocha; Panizo, 2002). Desse modo, sua elevação plasmática indica uma ativação recente da coagulação e da fibrinolise, sendo amplamente utilizada para rastrear condições como trombose venosa profunda e embolia pulmonar.

Em pessoas com DRC, os níveis de Dímero-D apresentam alterações substanciais em virtude da biodisponibilidade para formação de coágulos devido às disfunções endoteliais, da ativação de plaquetas sanguíneas, da diminuição de anticoagulantes naturais (PCR) e das mudanças nas características de coagulação. Além disso, como o Dímero D e os substratos da fibrina podem ser filtrados pelos rins, em casos de danos já instaurados no processo de depuração renal, tais enzimas permanecem no corpo de modo que seu acúmulo pode estimular a não realização da dissolução de trombos de forma adequada (Demelo-Rodríguez, 2023; Corrêa *et al.*, 2024).

Assim, levando em consideração a DRC e a relação com tais marcadores, a interpretação adquire contornos específicos. A própria fisiopatologia da doença renal, frequentemente associada a um estado de inflamação crônica, catabolismo muscular (sarcopenia urêmica) e disfunção endotelial, pode influenciar os níveis basais desses marcadores.

Recentemente, pesquisas com o treinamento de força muscular com o método de RFS têm promovido uma hipóxia celular, podendo gerar benefícios, como aumento de



força, hipertrofia muscular, resistência muscular localizada e capacidade funcional. E, além disso, ele pode ser utilizado de forma segura em relação à hemodinâmica (Rolnick *et al.*, 2022; Cirilo-Sousa; Rodrigues Neto, 2018; Cirilo-Sousa *et al.*, 2022). Portanto, a investigação sobre como diferentes modalidades de exercício físico impacta nesses parâmetros, em indivíduos com DRC, é de extrema relevância clínica. Compreender essas alterações é crucial para garantir que as intervenções de exercício possam ser prescritas com máxima eficácia e segurança, minimizando potenciais riscos de lesão muscular ou eventos trombóticos nessa população particularmente vulnerável. Especialmente porque, de todos esses marcadores, o Dímero D foi o único avaliado na relação entre DRC e RFS. Mas, em pessoas em tratamento de HD (Corrêa *et al.*, 2024), revelou-se uma lacuna no campo do conhecimento sobre essas questões.

Assim, o objetivo deste capítulo é avaliar as alterações promovidas pelo treinamento de força muscular associado ao método de restrição de fluxo sanguíneo, em comparação com os modelos convencionais de treinamento, nos marcadores de lesão muscular e risco de trombose em pessoas com DRC-3.

Resultados

A Tabela 1 apresenta os resultados das variáveis bioquímicas em dois momentos distintos.



Tabela 1 – Comparação das medidas de lesão muscular e risco de trombose intragrupos depois de 12 semanas de intervenção com treinamento de força muscular

Variáveis	G1				G2				G3				G4			
	T0	T1	p-valor	Cohen's d	T0	T1	p-valor	Cohen's d	T0	T1	p-valor	Cohen's d	T0	T1	p-valor	Cohen's d
Aldolase (U/L)	4,2 ± 0,5	4,2 ± 0,3	0.584	-0.400	4,5 ± 1,0	4,2 ± 1,3	0.557	0.236	4,1 ± 0,8	4,0 ± 1,4	0.221	-0.455	4,1 ± 1,6	4,4 ± 1,5	0.541	-0.236
CPK (U/L)	125 ± 52	140,8 ± 53,2	0.281	-0.600	85,5 ± 72,4	86 ± 53,9	0.053 ^δ	0.709	134 ± 117	149,5 ± 110,2	0.770	-0.127	148 ± 60,1	130 ± 83,1	0.557	0.236
Dímero-D (µg/L FEU)	907 ± 584,3	593,3 ± 496,9	0.281	0.600	684,5 ± 1991	411,5 ± 2403,2	0.275	-0.418	678 ± 353,5	769,5 ± 429,1	0.275	-0.418	354 ± 233,7	298 ± 226,8	0.624	0.222

Legenda: * = p-valor ≤ 0.05; δ – tendência à significância; G1, grupo sem intervenção física (grupo de controle); G2, grupo de baixa carga; G3, grupo de alta carga; G4, grupo de baixa carga com restrição de fluxo sanguíneo; T0, pré-intervenção; T1, pós-intervenção; U/L, unidades por litro; µg/L FEU, microgramas por litro na forma de equivalente de fibrinogênio.

Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).



Para aldolase, os valores de referência são 7,6 U/L, e, em todos os grupos, nos dois tempos, os participantes se encontravam abaixo dos níveis de agravo. No entanto, houve aumento nos valores médios no G4, diminuição nos grupos de G2 e G3, e sem alterações no G1 depois da intervenção. Em nenhum dos grupos houve mudança significativa.

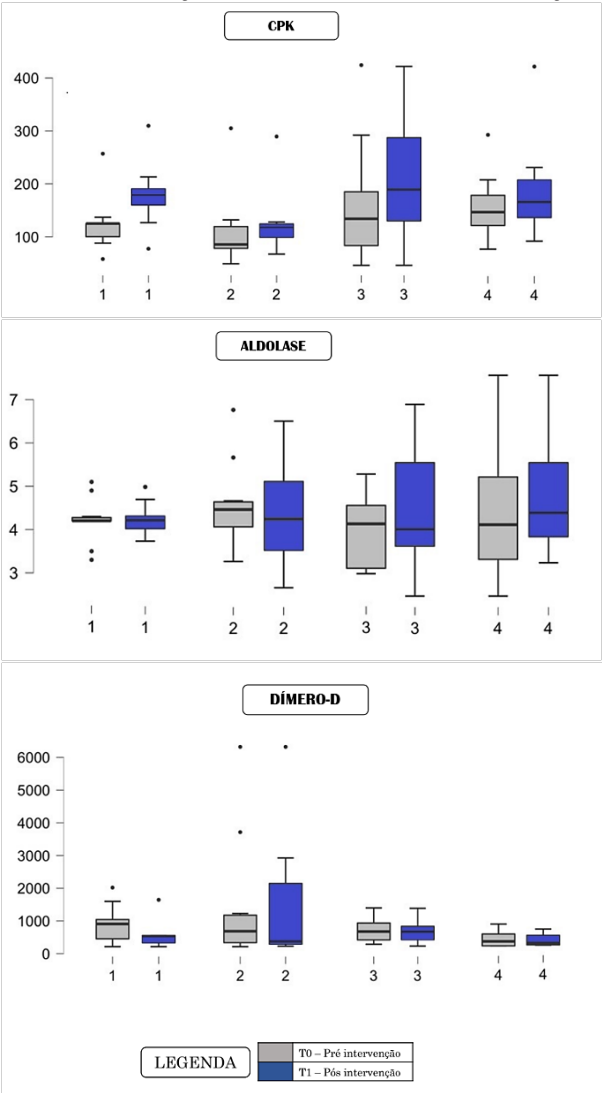
Para CPK os valores de referência são 171 U/L para homens e 145 U/L para mulheres. O G2 apresentou resultado marginalmente significativo entre os tempos de investigação ($p=0.053$), com tamanho de efeito médio ($d=0.709$).

Os demais grupos não apresentaram significância estatística. O G4 já apresentava valores acima dos recomendados no período de pré-intervenção ($148 \pm 60,1$ U/L), mas houve diminuição nos valores médios depois do período de treinamento ($130 \pm 83,1$ U/L). No G1 e G3, houve aumento dos valores médios, com maior expressão para o G3 (134 ± 117 para $149,5 \pm 110,2$ U/L).

Para Dímero-D o valor máximo recomendado é 500 $\mu\text{g/L}$ FEU. Em nenhum dos grupos houve alteração estatística nos resultados. Porém, antes da intervenção, apenas o G4 apresentou níveis adequados para risco de trombose ($354 \pm 233,7$ $\mu\text{g/L}$ FEU), níveis que foram diminuídos após a intervenção ($298 \pm 226,8$ $\mu\text{g/L}$ FEU). O único grupo que apresentou aumento nos valores médios entre os intervalos da medição foi o G3 ($678 \pm 353,5$ para $769,5 \pm 429,1$ $\mu\text{g/L}$ FEU).



Figura 1 – *Boxplot* da comparação das medidas de lesão muscular e risco de trombose intragrupos, depois de 12 semanas de intervenção com treinamento de força



Legenda: 1, grupo controle; 2, baixa carga; 3, alta carga; 4, grupo restrição de fluxo sanguíneo

Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

Uma síntese comparativa desses resultados pode ser observada na Figura 1.

Tabela 2 – Comparação das medidas de lesão muscular e risco de trombose do G4 com os demais grupos depois de 12 semanas de intervenção com treinamento de força muscular

Variáveis	G1 X G4		G2 x G4		G3 x G4	
	p-valor	Cohen's d	p-valor	Cohen's d	p-valor	Cohen's d
Aldolase (U/L)	0.870	-0.067	0.596	0.150	0.650	-0.130
CPK (U/L)	0.128	-0.483	0.028*	-0.590	0.596	-0.150
Dímero-D (µg/L FEU)	0.344	0.300	0.909	0.040	0.053*	0.520

Legenda: * = p-valor ≤ 0.05 ; G1, grupo sem intervenção física (grupo de controle); G2, grupo de baixa carga; G3, grupo de alta carga; G4, grupo de baixa carga com restrição de fluxo sanguíneo.

Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

Na comparação entre os grupos, houve diferença significativa, pois $G2 < G4$ ($p=0.029$) para CPK e $G3 > G4$ ($p=0.031$) para Dímero-D depois da intervenção, conforme demonstra Tabela 2.

Discussão

Os resultados deste estudo indicam que o treinamento de força com RFS pode ser uma estratégia que não causa danos severos e potencialmente benéfica para indivíduos

com DRC estágio 3, sem evidências de aumento significativo no risco de lesão muscular ou trombose. As análises intragrupo e intergrupos revelaram alterações relevantes, principalmente nos níveis de CPK e Dímero-D.

Para a CPK, um marcador mais sensível de lesão muscular, os resultados apresentaram comportamento distinto entre os grupos. O G4 (RFS) partiu de um valor elevado no pré-teste ($148 \pm 60,1$ U/L), acima do recomendado para mulheres, mas registrou uma redução depois da intervenção. Em contraste, o G3 (alta carga) apresentou um aumento nos níveis médios de CPK. A comparação intergrupos mostrou uma diferença significativa entre G2 e G4 ($p = 0,028$), com tamanho de efeito moderado ($d = -0,590$), indicando que o grupo com RFS apresentou menor elevação de CPK em comparação com o grupo de baixa carga sem restrição.

Os níveis elevados de CPK na corrente sanguínea sempre foram apontados como uma possibilidade de risco para rabdomiólise, normalmente manifestada com a instauração de inchaço, dor e rigidez muscular após o treinamento (Lee, 2013). Todavia, a relação entre rabdomiólise e exercício de alta intensidade ainda não é consensual nas pesquisas, especialmente pelo fato de que os valores basais para CPK, para condições de rabdomiólise, são bem menores do que os expressos após treinamentos com cargas elevadas (Clarkson; Eichner, 2006). Logo, as possíveis alterações podem estar mais relacionadas à extenuação muscular do



que ao desenvolvimento propriamente dito de uma falência renal aguda.

Em poucos estudos que tentaram avaliar o impacto de exercícios extenuantes, CPK e a função renal, foram detectadas alterações hepáticas de níveis de dímero D e dores musculares, mas como funções renais estabilizadas naqueles que realizaram *CrossFit* (Meyer; Sundaram; Schafhalter-Zoppoth, 2021), testes de exercícios submáximos (Ledwich, 1973) ou corredores de *endurance* (Sanders; Bloor, 1975). Tais estudos sugerem que as expressões e o caráter de homeostasia da enzima podem ter relação com os níveis de condicionamento físico dos praticantes.

No entanto, em pessoas com DRC, especialmente em TC, o presente estudo é o pioneiro na investigação dessa interação fisiológica com o treinamento com RFS. Sabendo-se do processo irreversível da progressão da doença e a possível perda de proteína e energia como algo danoso no desfecho para a mortalidade (Obi *et al.*, 2015), o uso do treinamento de força muscular (com ou sem RFS) se torna um aliado para preservação da massa muscular e ganhos de força muscular nessa população. Contudo, em casos de lesão renal aguda e doença renal policística, eixos de maiores investigações científicas (Salah *et al.*, 2019; Subashri *et al.*, 2023), o uso do CPK para monitoramento de exercícios pode ser considerado algo importante nos protocolos de treinamento. Além disso, a intensidade do exercício parece



ser um indicador de mudanças sensíveis nos níveis séricos de CPK, observadas no aumento médio no G3 (alta intensidade) desta investigação.

Em relação à aldolase, todos os grupos se mantiveram dentro dos valores de referência (7,6 U/L) ao longo do estudo, sem diferenças significativas entre os grupos. Isso sugere que nenhum dos protocolos de exercício – incluindo o de RFS – induziu dano muscular relevante em nível metabólico.

Ainda que a aldolase apresente menor nível de toxicidade renal em comparação com a CPK, seu uso como monitoramento da lesão e estresse muscular ainda é interessante nas práticas clínicas. Todavia, de acordo com Brancaccio, Lippi e Maffulli (2010), essa avaliação precisaria ser conectada com investigações de estresse oxidativo, sobretudo pelo elevado nível de apoptose (morte celular que ocorre de forma geneticamente controlada) que acontece quando indivíduos são submetidos a treinamentos de alta intensidade. Tais condições representariam a manutenção homeostática, eliminando células prejudiciais ao organismo e promovendo novas sínteses proteicas.

Não foram feitas investigações sobre a aldolase, DRC e exercício físico. Porém, normalmente, os achados existentes direcionados para essa enzima têm relação com o uso de suplementação para treinamentos de alto rendimento, para diminuição da expressão da aldolase, para a contenção das



possíveis rabdomiólises agudas e da inflamação celular (Luz *et al.*, 2011; Hamel *et al.*, 2015; Ra *et al.*, 2017; Karamizrak *et al.*, 1994).

Ainda que haja uma maior necessidade de estudos dessas variáveis associadas, a identificação de não prejuízos musculares com o uso do RFS, neste estudo, em pessoas em estágio 3, pode sinalizar o não desenvolvimento de danos severos nos vasos sanguíneos, essenciais para essa população, em detrimento do natural avanço da doença para estágios 4 e 5, quando, costumeiramente, é recomendada a construção da fístula arteriovenosa (FAV) para a futura TRS (Huber *et al.*, 2021). Nesse último caso, Barbosa *et al.* (2018) e Rus *et al.* (2005) já reportam a inexistência de prejuízos no uso da RFS para aumento do diâmetro dos vasos do antebraço, em pessoas com recomendações para cirurgia de FAV, com aumento do diâmetro da arterial radial, melhora na função endotelial, condutância vascular e complacência venosa.

Quanto ao Dímero-D, marcador de risco trombótico, o G4 foi o único que manteve níveis dentro do limite de segurança (500 µg/L FEU) em ambos os momentos, com uma redução adicional nos valores médios pós-intervenção. O G3 (alta carga), por sua vez, apresentou um aumento nos níveis de Dímero-D, e a comparação com o G4 foi significativa, com efeito moderado. Esse achado é relevante, pois sugere que o treinamento com RFS, quando bem dosado, pode não elevar o risco trombótico – e até mesmo apresentar vantagens em relação a protocolos de alta carga.



Esse achado aponta para o provável contributo do exercício físico na regulação dos riscos de trombose em pessoas com DRC. De acordo com Matshushita *et al.* (2022), a trombose venosa se encontra no rol das doenças cardiovasculares suscetíveis à DRC, sendo a intervenção multidisciplinar um possível caminho para diminuição desses riscos. A razão para essa prevalência tem associação direta com os quadros de hipercoagulabilidade sanguínea de pessoas com DRC, pois, por conta da diminuição da filtração renal, os sangues se tornam mais viscosos, propensos à formação de coágulos (Muñoz Rodríguez, 2020; Jones *et al.*, 2024).

Os resultados observados podem ser explicados por meio dos mecanismos fisiológicos subjacentes ao treinamento com RFS. A oclusão vascular parcial cria um ambiente de hipóxia metabólica local, que, mesmo com baixas cargas mecânicas, recruta preferencialmente fibras musculares do tipo II (rápidas, glicolíticas) e promove um acúmulo significativo de metabólitos, como íons de hidrogênio e lactato (Loenneke; Wilson, G.; Wilson, J., 2010; Takarada *et al.*, 2000). Esse ambiente metabólico é um potencial estímulo para a síntese proteica e adaptações neuromusculares, o que implica ganhos de força muscular e hipertrofia reportados na literatura com o método, sem a necessidade de altas cargas, que poderiam elevar marcadores de lesão como a CPK (Pearson; Hassan; Klonizakis, 2021).



Além disso, o estresse metabólico induzido pela RFS promove a liberação de óxido nítrico (NO) e fatores de crescimento vascular, como o VEGF (*Vascular Endothelial Growth Factor*), que melhoram a função endotelial e a angiogênese (Cirilo-Sousa; Brito, 2022; Cirilo-Souza *et al.*, 2022b). Essa adaptação vascular pode ser um dos fatores que contribuíram para a redução ou a manutenção de níveis seguros de Dímero-D no G4. A melhora na função endotelial aumenta a fibrinólise e reduz o estado de hipercoagulabilidade frequentemente associado à DRC, atenuando o risco trombotico (Rolnick *et al.*, 2022).

Em contrapartida, o treinamento convencional de alta carga (G3) pode induzir um maior dano muscular mecânico (explicando a tendência de aumento da CPK) e um estresse hemodinâmico mais pronunciado (aumento da pressão arterial e do débito cardíaco), o que, em uma população com função vascular já comprometida, pode justificar o aumento observado no Dímero-D.

O único estudo que foi realizado testando os efeitos do Dímero D em pessoas com DRC e RFS foi desenvolvido por Corrêa *et al.* (2024), mas com pessoas em tratamento de HD. Com 216 pacientes, a investigação desenvolveu um protocolo de 50 minutos com treinamento de força muscular intradialítico, constituído por 11 exercícios de 3 séries/8-12 repetições/2 minutos de descanso, com uma restrição contínua em 50% da PAS no braço sem a FAV. Identificou-se um



aumento significativo nas expressões de Dímero-D após 4 horas de sessão aguda do treinamento com RFS, índice observado em torno de 41,7% dos sujeitos que participaram do estudo. Tal situação pode indicar que o uso do método de RFS pode apresentar mais segurança em pessoas em TC do que em HD, tendo em vista as alterações endoteliais, os quadros urêmicos, a elevação de citocinas pró-inflamatórias (PCR e IL-6, por exemplo) e condições anêmicas por baixas de eritropoietina em estágios mais avançados da DRC.

Portanto, do ponto de vista fisiopatológico, o RFS parece oferecer um equilíbrio ideal entre estímulo anabólico e segurança cardiovascular e muscular para pacientes renais, promovendo adaptações positivas sem sobrecarregar sistemas fisiológicos já vulneráveis. Nesse caso, o ponto forte desta investigação, além do pioneirismo em usar tais marcadores em pessoas em TC, foi a não existência de intercorrências severas e não evidência de dano com o uso do método proposto.

Em termos de limitação, ressalta-se a não utilização de marcadores como eritropoietina e óxido nítrico (NO), bem como a ausência de uso de imagens para verificar as possíveis alterações nas condições cardiovasculares, nos vasos sanguíneos e (ou) no tecido muscular que pudessem melhor elucidar os danos ou ganhos nesses marcadores, nos grupos submetidos ao protocolo de treinamento. Além disso, o treinamento de força muscular proposto, com apenas três



tipos de exercícios por dia, pode ter contribuído para resultados dentro da normalidade, cujos efeitos, de maneira longitudinal, apresentariam maiores chances de revelar outras condições dos participantes. Por fim, cabe ressaltar que os resultados aqui encontrados, em virtude do tamanho da amostra, não podem ser interpretados com grandes generalizações, especialmente para outros estágios da doença.

Conclusões preliminares

Após 12 semanas de treinamento de força muscular associado ao método de restrição de fluxo sanguíneo, pessoas DRC-3 podem apresentar melhoras significativas nos níveis de dímero D (em comparação com treinos de alta carga) e CPK (em comparação com treinos de baixa carga). E, ainda que tenha havido alterações aumentadas discretas nos níveis de aldolase, esses níveis não apresentam diferenças significativas com outros grupos, e os níveis não extrapolam os valores recomendados para essa medida clínica. Logo, o treinamento de força muscular, associado ao método de RFS, pode ser um manejo clínico que não apresente intercorrências severas para protocolos de treinamento com a população analisada.



CAPÍTULO 6

DRC, EFEITOS ADVERSOS E FRAGILIDADE MUSCULAR: RISCO DE SARCOPENIA, SENSÇÃO DE FADIGA E DOR

Introdução

Podem ser inúmeros os efeitos adversos do avanço da DRC e da inserção dos sujeitos no processo de tratamento da doença. Dentre eles, destacam-se o aumento de chances de prevalência de quadros sarcopênicos, a manifestação de dores osteoarticulares e a sensação de fadiga.

A sarcopenia é conceituada como uma perda contínua e ampliada da massa muscular, associada à diminuição da função física (Cruz-Jentoft *et al.*, 2010; 2019). Normalmente, é manifestada em populações idosas, mas, em quadros de doenças crônicas, como obesidade, câncer e DRC, tais quadros têm se tornado comuns e considerados como agravantes para o tratamento e para o avanço da condição clínica para desfechos negativos (Wei *et al.*, 2023; Jiang *et al.*, 2024)

Atualmente, uma das principais formas utilizadas no ambiente clínico para mensuração da manifestação precoce



dessa condição foi elaborada pelo *European Working Group on Sarcopenia in Older People* (EWGSOP2), ainda que se encontrem limitações por ser um instrumento que atende, basicamente, a população idosa. De todo modo, o EWGSOP2 tem, em seu escopo, a aplicação de um questionário com perguntas relacionadas ao cotidiano do indivíduo (*Simple Questionnaire to Rapidly Diagnose Sarcopenia*, SARC-F) para o início do rastreamento dessa perda funcional (Cruz-Jentoft *et al.*, 2019).

As condições de sarcopenia, em pessoas com DRC, se manifestam em virtude do aumento do catabolismo proteico, da adoção do comportamento sedentário, das condições de vida inerentes à idade, da presença dos quadros de HAS e DM, da ingestão alterada de macronutrientes e do aumento da expressão da proteína C-reativa (PCR) e interleucina 6 (IL-6), sobretudo em pessoas no estágio 5 da DRC e com necessidade de TRS (Kim *et al.*, 2014; Cruz-Jentoft *et al.*, 2010; D'Alessandro *et al.*, 2018). Todavia, em pessoas com DRC em estágio de 2 a 4, a presença de sarcopenia, muitas vezes, está associada às condições de obesidade (aumento da gordura corporal).

Outro sintoma comumente reportado por pessoas com DRC é a sensação de fadiga. No âmbito da Educação Física, ela pode ser compreendida como “a redução reversível na capacidade funcional do organismo devido ao estresse físico e psicológico” (Barbanti, 2011, p. 191). Mas,



no âmbito clínico médico, a Associação Brasileira de Cuidados Paliativos (ABCP) descreve o comportamento como “uma sensação subjetiva de cansaço, fraqueza ou perda de energia” (ABCP, 2010, p. 5), podendo ser expresso a partir da “verbalização de cansaço, cansaço e/ou exaustão; diminuição da capacidade de realizar tarefas habituais; e falta de alívio para essas manifestações como aplicação de estratégias usuais de recuperação de energia” (ABCP, 2010, p. 5).

Em termos de parâmetros laboratoriais, a fadiga pode ser expressa em alterações anêmicas (hemoglobina, transferrina, ferritina, ferro e eritropetina), eletrolíticas (cálcio, albumina, magnésio e fosfato), disfunções orgânicas (creatinina e bilirrubina), hormonais (TSH, T3, T4 livre, ACTH, cortisol, testosterona livre e melatonina), infecciosas (leucócitos, proteína C-reativa), vitamínicas (B1, B6 e B12) e inflamatórias (IL-1, IL-6, TNF- α) (ABCP, 2010). Mas, ainda que apresente manifestações bioquímicas, é através de autorrelatos indiretos, no âmbito ambulatorial, através de questionários, que a fadiga tem sido assinalada nas condutas clínicas. No Brasil, os pictogramas de Fitch *et al.* (2000), a escala de Piper (1998), a escala de gravidade de Krupp *et al.* (1989), a escala de fadiga de Chalder (1993) e a *Modified Fatigue Impact Scale* de Fisk já foram validadas para uso pelos diversos profissionais de saúde, em pacientes com diversas patologias.



Os pacientes com DRC em tratamento conservador vêm, cada vez mais, apresentando essa sintomatologia em virtude dos baixos níveis de atividade física, da grande retenção líquida oriunda da falta de filtração sanguínea, pelo uso das medicações associadas para controle pressórico, glicêmico, anêmico e disfunções ósseas, e pelas restrições alimentares por conta de uma dieta restrita. Por outro lado, nas pessoas em tratamento de HD, além das causas já citadas, há o cotidiano de horas do dia interligadas a uma máquina, o que contribui para o aumento dessa sensação (Ridley *et al.*, 1999; Johansen, 2006; Chang *et al.*, 2010; Araújo, 2017).

Situação similar da fadiga pode ser observada em outro componente sintomático da doença, a dor, atualmente entendida como o quinto sinal vital. De acordo com Barbanti (2011, p. 142), ainda que possa ser um considerada um mecanismo protetor corporal, a dor é “uma sensação desagradável ou penosa, causada por lesão ou por estado anômalo dos órgãos. Ela se origina pela irritação do tronco, raiz ou terminações nervo-sensoriais”. Por mais que a manifestação da dor incida sobre um órgão específico, o efeito ampliado da sensação interfere em questões fisiológicas e físicas gerais do indivíduo, podendo chegar a condições incapacitantes. Em termos de intensidade e incidência da dor, ela pode ser mensurada como aguda, crônica, incidental e total (Araújo, 2020; Naime, 2013).



A avaliação de dor pode ser feita por vários instrumentos. Os mais comuns e utilizados nas condutas clínicas e científicas são: escala numérica-verbal (com atribuição de nota e imagem representativa da sensação, podendo ser usada pessoas acima de 6 anos); escala de faces (uso de representação visual e uso comum em pessoas acima de 2 anos); a escala *Behavioural Pain Scale* (BPS), utilizada em pessoas em estados limitantes de saúde; a escala de Painad (específica para pessoas com confusões mentais) a partir da determinação de expressões corporais, faciais, vocais e aspectos de consolo. Convencionalmente, tais instrumentos classificam o nível de dor em tipos de intensidade: leve, moderada e intensa (Araújo, 2020).

Em pessoas com DRC em tratamento conservador, a dor é, sobretudo, manifestada, nos membros inferiores e nas articulações dessa mesma região. Isso ocorre por conta dos quadros de sobrepeso ou obesidade, do aumento da formação de edemas e dos baixos níveis de atividade física. Nos casos de tratamento de HD, também são reportadas dores nos membros superiores, principalmente na região da fístula artéria venosa, nos ombros e nas costas (superior, inferior e média). (Painter *et al.*, 2000; Bae; Lee, Jo, 2015; Hristea *et al.*, 2016; Kirkman *et al.*, 2014; Johnasen *et al.*, 2016).

Todavia ainda são bastante lacunares os estudos que interagem essas variáveis com protocolos de treinamento de força muscular, associados ao método de RFS, em pes-



soas com DRC. Nesse sentido, o objetivo deste capítulo foi avaliar as possíveis modificações de um treinamento de força muscular associado à RFS, em comparação com os modelos convencionais de treinamento, no risco de sarcopenia, nível de fadiga e dor em pessoas com DRC-3.

Resultados

Os testes de normalidade apresentaram distribuição normal entre os tempos e as variáveis analisadas.

Os resultados apresentados na Tabela 1 permitem uma análise aprofundada dos efeitos de 12 semanas de treinamento de força muscular sobre a tríade sintomática de fadiga, dor e risco de sarcopenia em pacientes com DRC intragrupos.



Tabela 1 – Comparação do risco de sarcopenia, nível de fadiga e escala de desconforto percebido (dor) intragrupos, depois de 12 semanas de intervenção com treinamento de força muscular

Variáveis	G1				G2				G3				G4			
	T0	T1	p-valor	Cohen's d	T0	T1	p-valor	Cohen's d	T0	T1	p-valor	Cohen's d	T0	T1	p-valor	Cohen's d
SARC-F	2,5 ± 1,5	2,8 ± 2,0	1.000	0.000	3,3 ± 2,4	2,7 ± 2,2	0.301	0.464	1,8 ± 2,4	1,7 ± 2,0	1.000	0.000	1,0 ± 1,2	1,7 ± 1,3	0.250	-0.472
SARC-FCalf	0,6 ± 0,3	12,8 ± 2,0	0.581	-0.400	0,7 ± 0,4	8,7 ± 5,8	0.172	0.607	0,4 ± 0,5	9,6 ± 5,2	0.188	0.571	0,4 ± 0,5	9,6 ± 3,9	1.000	-0.036
Fadiga comportamental	7,5 ± 2,1	7,9 ± 1,4	0.281	-0.600	5,5 ± 1,2	6,8 ± 2,4	0.097	-0.644	9,2 ± 2,0	10,8 ± 2,3	0.009*	-1.000	8,2 ± 2,9	11,8 ± 3,6	0.002*	-1.000
Fadiga afetiva	1,6 ± 0,2	1,7 ± 0,9	0.418	-0.467	2,1 ± 0,9	1,7 ± 0,9	0.036*	1.000	2,1 ± 0,9	1,7 ± 0,9	0.141	0.611	2,1 ± 1,0	1,6 ± 0,8	0.095	0.644
Fadiga psicossocial	1,8 ± 0,4	1,8 ± 0,4	0.713	-0.300	2,0 ± 0,7	1,4 ± 0,5	0.035*	0.861	2,1 ± 1,1	1,9 ± 1,0	0.624	0.222	1,7 ± 0,6	1,3 ± 0,3	0.058 ^δ	0.733
Fadiga índice geral	3,7 ± 0,6	3,8 ± 0,5	0.361	-0.600	3,2 ± 0,6	3,3 ± 0,8	0.527	-0.278	4,5 ± 0,8	4,9 ± 0,6	0.097	-0.644	4,0 ± 1,1	4,9 ± 1,2	0.018*	-0.911
Dor – cabeça	2,5 ± 1,1	1,8 ± 1,1	0.265	0.700	1,2 ± 0,4	1,3 ± 0,9	1.000	-0.333	1,9 ± 1,4	1,7 ± 1,0	1.000	0.000	1,5 ± 0,8	1,7 ± 0,9	0.424	-0.500
Dor – pescoço	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	-	-	1,4 ± 0,8	1,2 ± 0,6	0.773	0.333	1,1 ± 0,3	1,4 ± 0,6	0.345	-0.600	1,3 ± 0,6	1,7 ± 1,0	0.203	-0.667
Dor – cervical	1,8 ± 0,7	1,6 ± 1,2	1.000	0.167	2,3 ± 1,8	1,9 ± 1,5	0.581	0.400	2,4 ± 1,7	1,9 ± 1,3	0.339	0.476	2,0 ± 1,0	1,6 ± 1,0	0.438	0.357
Dor – ombro	2,0 ± 0,8	2,3 ± 1,1	0.346	0.000	2,5 ± 1,7	1,9 ± 1,3	0.371	1.000	2,6 ± 1,7	2,1 ± 1,3	0.440	0.357	2,5 ± 1,7	2,2 ± 1,5	0.667	0.214
Dor – costas média	2,0 ± 1,2	2,6 ± 1,4	1.000	-1.000	2,8 ± 1,8	2,3 ± 1,5	0.089	1.000	2,6 ± 1,4	2,5 ± 1,7	1.000	0.048	2,6 ± 1,3	1,4 ± 0,9	0.027*	0.889
Dor – costas superior	1,3 ± 0,3	1,6 ± 0,9	0.586	-0.500	2,3 ± 1,7	1,8 ± 1,4	0.174	1.000	1,7 ± 1,0	1,2 ± 0,4	0.281	0.524	2,6 ± 1,5	1,6 ± 1,2	0.054 ^δ	1.000
Dor – bacia	1,6 ± 0,7	1,3 ± 0,6	1.000	1.000	1,6 ± 1,3	1,2 ± 0,6	1.000	1.000	2,7 ± 1,7	2,0 ± 1,6	0.197	0.800	2,0 ± 1,7	1,5 ± 0,6	0.174	1.000
Dor – costas inferior	2,0 ± 0,9	1,5 ± 0,6	0.371	1.000	1,8 ± 1,1	1,3 ± 0,9	0.269	0.700	2,9 ± 1,7	1,9 ± 1,4	0.058 ^δ	0.821	2,4 ± 1,6	1,9 ± 1,5	0.457	0.381
Dor – braço	1,6 ± 0,9	1,0 ± 0,0	0.000*	0.000	2,1 ± 1,5	1,8 ± 1,3	0.371	1.000	2,9 ± 1,8	2,2 ± 1,3	0.202	0.619	2,2 ± 1,4	1,8 ± 1,2	0.438	0.357
Dor – cotovelo	1,1 ± 0,3	1,3 ± 0,6	1.000	-0.333	1,7 ± 0,3	1,1 ± 0,3	0.371	1.000	1,5 ± 1,2	1,2 ± 0,4	0.586	0.500	1,6 ± 1,2	1,3 ± 0,6	0.586	0.500
Dor – antebraço	1,1 ± 0,3	1,0 ± 0,0	0.000*	0.000	1,2 ± 0,4	1,1 ± 0,3	1.000	1.000	1,6 ± 1,2	1,9 ± 1,4	0.345	-0.600	1,2 ± 0,6	1,0 ± 0,0	0.000*	0.000
Dor – punho	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	-	-	1,2 ± 0,6	1,3 ± 0,6	1.000	-0.167	1,2 ± 0,4	1,7 ± 1,2	0.345	-0.600	1,2 ± 0,4	1,2 ± 0,4	1.000	0.000
Dor – mão	2,1 ± 1,1	3,0 ± 1,4	0.174	-1.000	1,7 ± 1,3	1,4 ± 0,8	0.371	1.000	2,0 ± 1,7	1,9 ± 1,6	1.000	0.333	1,7 ± 1,1	1,4 ± 0,8	0.371	1.000
Dor – coxa	2,0 ± 0,9	2,0 ± 0,9	1.000	0.000	2,0 ± 1,6	1,1 ± 0,3	0.098	1.000	1,9 ± 1,4	2,3 ± 1,4	0.240	-0.500	1,2 ± 0,6	1,2 ± 0,4	1.000	0.000
Dor – joelho	3,1 ± 1,3	3,3 ± 1,3	1.000	0.000	2,6 ± 1,5	2,0 ± 1,4	0.341	0.476	2,3 ± 1,4	2,0 ± 1,4	0.233	0.600	1,6 ± 0,9	1,4 ± 0,6	0.577	0.400
Dor – perna	1,3 ± 0,3	1,6 ± 1,2	1.000	-0.333	3,3 ± 1,8	1,8 ± 1,3	0.035*	1.000	2,7 ± 1,7	2,4 ± 1,3	0.520	0.333	2,4 ± 1,7	1,5 ± 0,7	0.156	0.583
Dor – tornozelo	2,0 ± 1,2	2,3 ± 1,3	0.346	-1.000	1,9 ± 1,3	1,2 ± 0,6	0.272	0.600	1,8 ± 1,3	1,8 ± 1,4	1.000	0.000	1,8 ± 1,3	1,2 ± 0,6	0.265	0.700
Dor – pés	2,1 ± 1,1	1,8 ± 0,9	0.586	0.500	2,9 ± 1,1	1,8 ± 1,4	0.201	0.571	2,8 ± 1,6	2,5 ± 1,7	0.371	1.000	2,2 ± 1,6	1,3 ± 0,6	0.136	0.800

Legenda: * = p-valor ≤ 0.05; δ – tendência à significância; G1, grupo sem intervenção física (grupo de controle); G2, grupo de baixa carga; G3, grupo de alta carga; G4, grupo de baixa carga com restrição de fluxo sanguíneo. SARC-F, *Simple Questionnaire to Rapidly Diagnose Sarcopenia*; SARC-FCalf, *Simple Questionnaire to Rapidly Diagnose Sarcopenia Calf*.

Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

No que diz respeito ao risco de sarcopenia, avaliado pelos instrumentos SARC-F e SARC-FCalf, nenhum dos grupos apresentou diferenças significativas depois do período de intervenção.

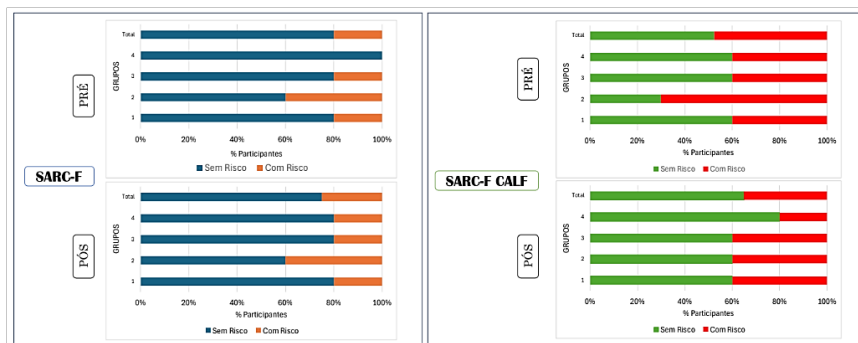
Ainda que houvesse alterações positivas (G2 e G3) e negativas (G1 e G4) nos valores médios, elas ainda se encontravam fora do ponto de corte para classificação de risco (≥ 4 pontos). No entanto, com a utilização de circunferência de panturrilha (SARC-FCalf), apenas o grupo de controle (G1) pode ter sofrido prejuízos clínicos com a extrapolação do escore sugerido pelo instrumento (≥ 11 pontos). Os aumentos nas médias dos demais grupos (G2, G3 e G4) devem estar relacionados ao aumento de massa magra proporcionado pelo treinamento de força muscular.

No entanto, como o instrumento permite a classificação dos participantes por zonas com ou sem risco para sarcopenia, a Figura 1 apresenta uma comparação desses resultados.

Observa-se, assim, que houve um aumento de 22% no número de participantes do G4 enquadrados com risco de sarcopenia, utilizando-se o SARC-F, mas uma diminuição de 20% quando se insere a medida da panturrilha (SARC-FCalf).



Figura 1 – Comparação das classificações de risco de sarcopenia dos participantes após 12 semanas de intervenção com treinamento de força muscular



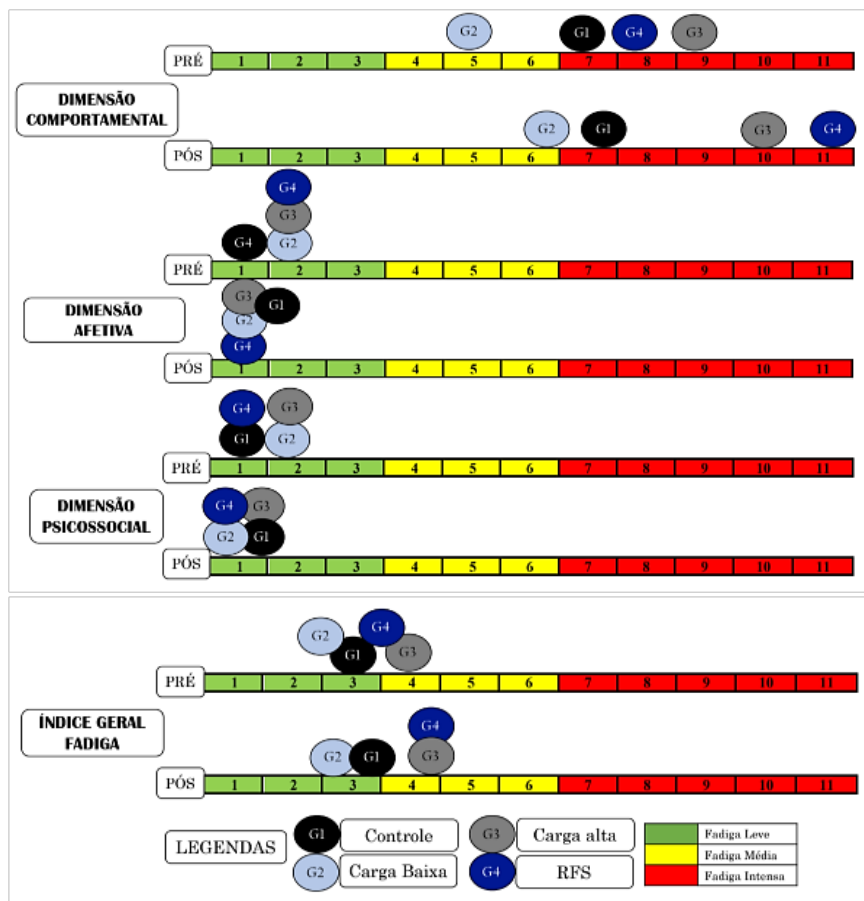
Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

O G2 apresentou uma diminuição de 10% no SARC-F Calf e o G1 e G2 não obtiveram uma alteração expressiva dos dados.

Para a sensação de fadiga, o G4 (RFS), de acordo com a Tabela 1, apresentou alterações negativas, estatisticamente significantes, nas dimensões comportamentais ($p=0.002$; $d=-1.000$), e índice geral ($p=0.018$; $d=-0.911$) com efeitos grandes; e positivas, na dimensão psicossocial ($p=0.058$; $d=0.733$), com tamanhos de efeitos medianos.

Quanto aos demais grupos, o G3 apresentou perdas significativas na fadiga comportamental ($p=0.009$; $d=-1.000$), e o G2 (baixa carga) obteve melhoras nas dimensões afetiva ($p=0.036$; $d=1.000$) e psicossocial ($p=0.035$; $d=0.861$). Em ambos os casos, com tamanho de efeito grande.

Figura 2 – Comparação dos níveis de intensidade de fadiga dos participantes depois de 12 semanas de intervenção com treinamento de força muscular



Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

A figura 2 sintetiza a movimentação das médias dos grupos nos níveis de intensidade de fadiga. Nela se observa que a dimensão comportamental foi a que apresentou maior intensidade, de média a intensa, entre os participantes, dentre os quais os do G3 e G4 se movimentaram negativamente para ganhos de sensação de fadiga. Essa dimensão é aquela que expressa, de forma mais direta, o impacto físico no corpo dos indivíduos, podendo o protocolo de treinamento ter aumentado a sensação de extenuação desses participantes.

A concentração dos participantes, antes e depois da intervenção, na faixa leve, nas dimensões afetiva e psicossocial, pode sugerir (inclusive, com as diminuições de médias) possíveis contributos do protocolo para estímulo de interação social, sensação de cuidado e valorização da autoestima, ainda que eles sofram a carga da doença.

No índice geral da fadiga, os participantes se concentraram nas faixas leves (G1 e G2) e moderadas (G3 e G4), podendo-se apontar que o protocolo de treinamento de força muscular, mesmo com impactos nas dimensões comportamentais em determinados grupos, proporcionou maiores ganhos em outras dimensões que contribuíram para condições de fadiga relativamente comuns em pessoas com DRC, não promovendo maiores prejuízos.

Por fim, na escala de desconforto percebido (dor), de acordo com a tabela 1, o G4 (RFS) reportou menores sensações de dor no meio das costas ($p=0.027$; $d=0.889$), na parte supe-



rior das costas ($p=0.054$; $d=1.000$) e no antebraço ($p=0.000$; $d=0.000$), com significância estatística e efeitos grandes.

No G3, houve diminuição da sensação de dor, com tendência à significância e tamanho grande de efeito, na parte inferior das costas ($p=0.058$, $d=0.821$). Enquanto isso, tais benefícios foram observados no G2 apenas para a perna ($p=0.035$; $d=1.000$) e no G1 (controle), bem como se podem perceber melhoras no braço ($p=0.000$; $d=0.000$) e antebraço ($p=0.000$; $d=0.000$), mas com efeitos pequenos.

Uma outra forma de análise dos dados pode ser feita com base nas mudanças ocorridas após o período de treinamento na intensidade da dor nas partes do corpo, conforme demonstra a Figura 3.

De uma forma geral, percebe-se uma diminuição na intensidade da dor no G4 depois de 12 semanas de intervenção com treinamento de força muscular, em contraposição ao grupo de controle (G1) e alta carga (G4), cujas dores mudaram de partes do corpo e (ou) apresentaram de maiores intensidades.

Os resultados das comparações entre os grupos podem ser observados na Tabela 2.

Para o risco de sarcopenia, nenhuma das comparações intergrupos mostrou diferenças estatisticamente significativas (todos os p -valores $> 0,05$), com exceção de uma



tendência marginal no SARC-FCalf na comparação G1xG4 (p=0,061).

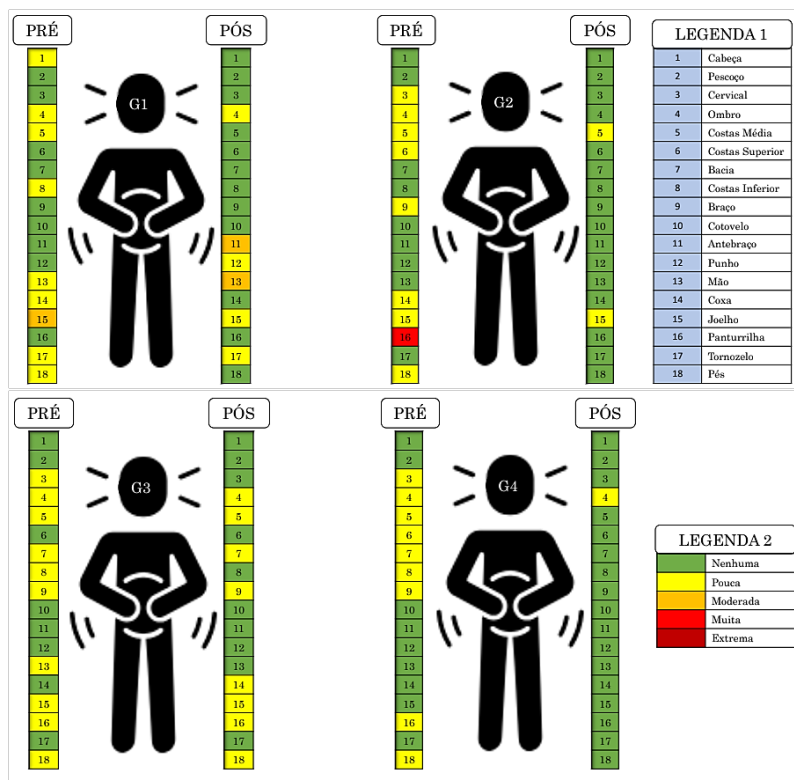


Figura 3 – Síntese da escala de desconforto percebido (dor) dos participantes depois de 12 semanas de intervenção com treinamento de força muscular

Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

Em relação aos níveis de fadiga, revelou-se que a intervenção exerceu um impacto significativo, particularmente quando o grupo G4 é comparado aos grupos G1 e G2. Obser-

va-se uma redução significativa na dimensão psicossocial e elevação na dimensão comportamental e no índice geral de fadiga nessas comparações, com tamanhos de efeito que variam de médios a grandes (Cohen's d de -0,63 a -0,75).

Tabela 2 – Comparação do risco de sarcopenia, nível de fadiga e escala de desconforto percebido (dor) do G4 com os demais grupos depois de 12 semanas de intervenção com treinamento de força muscular

Grupos/Variáveis	G1xG4		G2xG4		G3xG4	
	p-valor	Cohen's d	p-valor	Cohen's d	p-valor	Cohen's d
SARC-F	0.301	0.280	0.357	0.250	0.696	-0.110
SARC-FCalf	0.061	0.500	0.849	-0.060	0.969	0.000
Fadiga comportamental	0.019*	-0.630	0.005*	-0.750	0.364	-0.250
Fadiga afetiva	0.248	0.310	0.751	0.090	0.353	0.250
Fadiga psicossocial	0.047*	0.530	0.939	-0.030	0.286	0.290
Fadiga índice geral	0.025*	-0.600	0.004*	-0.740	0.427	-0.220
Dor – cabeça	0.841	-0.060	0.101	-0.360	0.866	-0.050
Dor – pescoço	0.000*	0.000	0.164	-0.290	0.592	-0.130
Dor – cervical	0.668	0.110	0.852	0.050	0.657	0.110
Dor – ombro	0.391	0.230	0.678	-0.110	0.968	0.000
Dor – costas média	0.028*	0.540	0.155	0.330	0.071	0.430
Dor – costas superior	0.213	0.300	0.654	0.100	0.871	-0.040
Dor – bacia	0.101	0.360	1.000	0.000	0.149	0.300
Dor – costas inferior	0.618	0.130	0.304	-0.200	0.824	0.060
Dor – braço	0.000*	0.000	0.824	-0.060	0.438	0.200
Dor – cotovelo	0.326	0.230	0.543	-0.110	0.957	-0.020
Dor – antebraço	0.000*	0.000	0.000*	0.000	0.000*	0.000
Dor – punho	0.000*	0.000	0.957	0.020	0.322	0.220
Dor – mão	0.010*	0.640	1.000	0.000	0.584	0.120
Dor – coxa	0.024*	0.540	0.583	-0.100	0.052*	0.460
Dor – joelho	0.004*	0.740	0.477	0.170	0.477	0.170
Dor – perna	0.967	-0.020	1.000	0.010	0.107	0.410
Dor – tornozelo	0.016*	0.570	1.000	0.000	0.280	0.210
Dor – pés	0.145	0.350	0.551	0.130	0.110	0.370



Legenda – *, p-valor ≤ 0.05 ; G1, grupo sem intervenção física (grupo de controle); G2, grupo de baixa carga; G3, grupo de alta carga; G4, grupo de baixa carga com restrição de fluxo sanguíneo; SARC-F, *Simple Questionnaire to Rapidly Diagnose Sarcopenia*; SARC-FCalf, *Simple Questionnaire to Rapidly Diagnose Sarcopenia Calf*.

Fonte: Caetano; Cirilo-Sousa (2025).

Isso sugere que o treinamento de força muscular pode ter sido efetivo em mitigar os aspectos da fadiga que interferem na execução de atividades diárias e no bem-estar psicossocial. A ausência de diferenças significativas na comparação G3 *versus* G4 pode indicar que o G3 partilhava de uma característica ou protocolo mais semelhante ao G4, atenuando, assim o efeito contrastante.

Quanto à dor, os resultados são mais heterogêneos, refletindo a complexidade da percepção dolorosa. Verificam-se melhorias significativas em regiões específicas do corpo quando o G4 é comparado a outros grupos. Por exemplo, houve redução significativa da dor no pescoço (G1xG4), nas costas média (G1xG4), no braço (G1xG4), no antebraço (em todas as comparações), no punho (G1xG4), na mão (G1xG4), na coxa (G1xG4), no joelho (G1xG4) e no tornozelo (G1xG4). O fato de o antebraço ter apresentado diferença significativa em todas as comparações (G1xG4, G2xG4, G3xG4) é particularmente interessante e pode estar diretamente relacionado com os movimentos realizados durante o treino de força. Por outro lado, a persistência ou ausência de diferença noutras localizações (como cabeça,



ombro e pés) pode sinalizar que o efeito analgésico do exercício pode ser localizado e não generalizado.

Discussão

Os nossos achados identificaram uma possível diferença significativa nas medidas de rastreamento de sarcopenia (SARC-F e SARC-FCalf) na maioria das comparações realizadas.

É importante destacar que o SARC-F é uma ferramenta de triagem baseada em questionário, com limitações inerentes de sensibilidade para detectar mudanças sutis, especialmente em intervenções de curta duração (12 semanas). Kirkman *et al.* (2020) afirmaram que, embora o exercício seja a principal intervenção para prevenir e tratar a sarcopenia, mudanças significativas na massa muscular e, conseqüentemente, no escore de triagem, podem exigir intervenções mais prolongadas ou combinadas (especialmente com apoio nutricional).

O fato de termos observado algumas melhorias na força muscular (inferida pela redução da fadiga e de algumas dores) sem uma mudança correspondente no SARC-F sugere que os instrumentos de avaliação podem não estar captando ganhos funcionais importantes. Medidas diretas,



como a dinamometria de preensão palmar, ou a bioimpedância espectroscópica (BIA), seriam mais sensíveis para avaliar a efetividade da intervenção sobre a massa e a força muscular, como é recomendado por Souza *et al.* (2022), em sua revisão sobre sarcopenia na DRC. A tendência marginal ($p=0,061$) no SARC-FCalf no G1xG4, um instrumento que incorpora a medida da circunferência da panturrilha, aponta para uma possível direção de benefício, que poderia se tornar significativa com uma amostra maior ou tempo de intervenção mais extenso.

Em virtude dessas inconsistências sobre os efeitos nos aspectos fisiopatológicos da doença, há, atualmente, uma perspectiva de investigar variáveis voltadas para a melhora dessa condição sarcopênica dos pacientes com DRC. Moorthi e Alvin (2017) reportaram a importância de avaliações clínicas na associação entre sarcopenia e DRC, sobretudo por conta dos desfechos para aumento de fraturas, hospitalização, limitações funcionais e mortalidade desses pacientes. Por conta desse cenário, recomenda-se um trabalho interdisciplinar voltado para a intervenção com exercícios físicos de forma individualizada, associada ao tratamento nutricional.

Gadelha *et al.* (2021), em um ensaio clínico com idosos sarcopênicos, numa intervenção com 24 semanas, identificou benefícios em biomarcadores para anemia e na capacidade muscular, demonstrando que esse é um campo



de investigação em aberto para pacientes com DRC. Em uma coletânea de estudos com pacientes em hemodiálise, Caetano *et al.* (2024) identificaram que os níveis de atividade física impactam diretamente no risco de sarcopenia em pessoas em tratamento HD, contribuindo para adesão e funcionalidade dos pacientes.

Em contrapartida, para a sensação de fadiga, a redução estatisticamente significativa e clinicamente relevante (com tamanhos de efeito de médios a grandes) nos domínios comportamental, psicossocial e no índice geral de fadiga, particularmente nas comparações G1xG4 e G2xG4, de nossos achados, corrobora a hipótese de que o exercício de força muscular é uma intervenção adjuvante importante para o manejo da fadiga na DRC.

Esse achado está alinhado com a literatura (Dong; Zhang; Yin, 2019). Um ensaio clínico de Cheema *et al.* (2011) demonstrou que o treinamento de força promoveu melhorias significativas na vitalidade e reduziu a fadiga autorrelatada em pacientes em HD, atribuindo-se esses benefícios a adaptações neuromusculares e psiconeuroimunológicas, como a modulação de citocinas inflamatórias. A fadiga, na DRC, é um constructo multifatorial, e a melhora no componente comportamental sugere que os pacientes adquiriram uma maior capacidade para realizar atividades da vida diária, enquanto a melhora psicossocial pode refletir um aumento na autoeficácia e na interação social, como é



proposto por Heiwe e Jacobson (2011) em sua revisão sobre exercício e sintomas em DRC.

Em uma revisão sistemática, Kickhofel *et al.* (2022) reportaram que, entre 2009 e 2018, 36 estudos buscaram elencar as estratégias dos profissionais de saúde para identificar os sintomas de fadiga em pacientes renais, demonstrando que o sintoma está presente em quaisquer tipos de tratamento. Além disso, informaram que elementos preditivos para os sintomas eram questões individuais (idade, nível de escolaridade, sexo, atuação profissional, nível de atividade física), clínicas (medicação, vitamina D, histórico de outras comorbidades), psicossociais (suporte de familiares e amigos, percepção de qualidade de vida) e bioquímicos (albumina, hemoglobina, creatinina, interleucina e paratormônio).

No que se refere aos efeitos do exercício físico na alteração da fadiga em pacientes em HD, já foram reportadas informações sobre mudanças na fadiga afetiva e sensorial (Ridley *et al.*, 1999; Johansen, 2006; Chang *et al.*, 2010; Araújo, 2017). No entanto, ainda faltam estudos que revelem mudanças em pessoas em estágios conservadores do tratamento da doença, momento em que os sintomas desse estado físico são muito mais oscilatórios e pouco perceptíveis do que nos pacientes em tratamento hemodialítico, seja por manutenção ainda das atividades laborais da vida diária, seja pelas questões relacionadas a maior nível de



atividade física de deslocamento e lazer. Além disso, para pessoas com DRC em TC, ainda existe uma aquisição de informações sobre fadiga a partir de instrumentos paralelos sobre essa variável, como os questionários de qualidade de vida, que avaliam essa dimensão como um dos itens para compor a visão holística de bem-estar.

Todavia, o padrão heterogêneo de alívio da dor, significativo em algumas regiões corporais (como antebraço, joelho, costas média) e não significativo em outras, é intrigante e pode ser explicado por vários mecanismos.

Em primeiro lugar, o efeito analgésico do exercício é frequentemente localizado. O treinamento de força muscular pode promover a liberação de endorfinas e endocanabinoides, que atuam como analgésicos endógenos, além de melhorar a força e a estabilidade das estruturas músculo osteoarticulares, reduzindo dores de origem mecânica (Borisovskay; Chmelik.; Karnik, 2020; Geneen *et al.*, 2017).

A diferença significativa e consistente na dor no antebraço, em todas as comparações com o G4, é um forte indicador de que o protocolo de treino pode ter envolvido exercícios específicos para essa região, reforçando o princípio da especificidade. Estudos como o de Santos *et al.* (2021) e Pei *et al.* (2019) já relataram que programas de exercícios de força muscular e aeróbicos foram eficazes para reduzir dores musculoesqueléticas em pacientes renais,



especialmente aquelas relacionadas à fraqueza e à instabilidade postural. A ausência de efeito em regiões como cabeça e ombro pode indicar que a etiologia da dor, nesses locais, é mais complexa, podendo envolver comorbidades não diretamente influenciadas pelo protocolo de treino aplicado.

Além disso, investigações vêm apontando a diminuição das dores com exercício físico associado ao tratamento hemodialítico, em atividades aeróbicas (Painter *et al.*, 2000; Persons *et al.*, 2004; Bae; Lee; Jo, 2015; Hristea *et al.*, 2016), e, em alguns casos, com exercícios resistidos (Song; Sohgn, 2012), com benefícios na função física (Kirkman *et al.*, 2014; Johnasen *et al.*, 2016) e exercícios combinados (Peres *et al.*, 2015; Simo *et al.*, 2015).

Todavia, não há um manejo único em relação ao controle de frequência, intensidade e duração dos exercícios. E, ainda assim, o maior público-alvo escolhido para intervenções são as pessoas em condições de falência renal. Cabe mencionar também a lacuna e a ausência de investigações relacionadas à mensuração da dor no ato da intervenção (efeito agudo), apresentando as alterações e oscilações dessa variável sensorial depois de um ciclo de sessões de intervenção física.

O ponto forte desses resultados foi demonstrar que o protocolo de intervenção com exercício de força muscular tem seus benefícios mais imediatos e pronunciados na es-



fera sintomática, particularmente no alívio da fadiga multidimensional e de dores musculoesqueléticas localizadas.

Em termos de limitação, a resposta mais discreta nos escores de risco de sarcopenia não invalida a eficácia do exercício proposto, mas sim ressalta a necessidade de se utilizarem ferramentas de avaliação mais sensíveis e de considerar intervenções multimodais e de longo prazo para um impacto mais abrangente sobre a massa muscular. Além disso, com a utilização de medidas indiretas (questionários), assumem-se os possíveis vieses de alteração de resultados de acordo com o contexto dos participantes do estudo, no momento da coleta das informações.

Considerações Preliminares

A intervenção com treinamento de força muscular, ao longo de 12 semanas, demonstrou ser uma estratégia eficaz, principalmente para o manejo da fadiga multidimensional e da dor em partes anatómicas específicos em pacientes com DRC.

A sua eficácia na modificação do risco de sarcopenia, conforme medido pelas ferramentas SARC-F, merece investigação adicional, possivelmente com intervenções de maior duração ou com instrumentos de avaliação mais sensíveis.

Estes resultados reforçam a importância da inclusão do exercício físico de força muscular estruturado como um



CONSIDERAÇÕES FINAIS

pilar complementar no cuidado integral ao paciente com DRC, especialmente em estágios de tratamento conservador.

A intervenção com treinamento de força muscular, ao longo de 12 semanas, demonstrou ser uma estratégia eficaz, principalmente para o manejo da fadiga multidimensional e da dor em partes anatômicas específicas em pacientes com DRC.

Sua eficácia na modificação do risco de sarcopenia, conforme é medido pelas ferramentas SARC-F, merece investigação adicional, possivelmente com intervenções de maior duração ou com instrumentos de avaliação mais sensíveis.

Esses resultados reforçam a importância da inclusão do exercício físico de força muscular estruturado como um pilar complementar no cuidado integral ao paciente com DRC, especialmente em estágios de tratamento conservador.

As pesquisas clínicas que utilizam intervenções com exercício físico em pessoas com DRC se encontram em processo de crescimento no mundo científico. Os possíveis benefícios oriundos de um protocolo de treinamento físico já



são suficientes, no mínimo, para melhorar a percepção de qualidade de vida, alterar o estilo de vida e proporcionar o aumento do bem-estar em pessoas com DRC. No entanto, as investigações que fazem uso de treinamento de força muscular associado ao método de RFS ainda são bastante incipientes, especialmente em estágios mais conservadores do tratamento da doença.

Essa lacuna científica o presente trabalho buscou preencher, ao propor a elaboração de um protocolo de treinamento de força muscular, com diferentes intensidades e uso do método de RFS, realizado três vezes por semana, entre 30 e 40 minutos, com intensidades ajustadas por testes de 10RM e PSE-Borg, ao longo de 12 semanas. Essa proposta de treinamento foi desenvolvida com apenas três exercícios por sessão, incluindo exercícios para membros superiores e inferiores, realizados com variações de 3 a 4 séries, 8 a 15 repetições, 30 a 80% da carga de 10RM, com descanso de 1 minuto, e, quando foi o caso, uso da restrição parcial dos vasos de forma contínua em 50% mmHg da PAS.

Em relação aos principais achados, para as medidas morfológicas e inflamatórias, o grupo RFS apresentou aumento significativo da circunferência do braço e da massa gorda, além de melhora expressiva da relação entre cintura e quadril. Os níveis de IL-6 não se alteraram significativamente, mas houve tendência de redução nos grupos experimentais, indicando resposta anti-inflamatória leve



ao treinamento. Também não houve alterações nos níveis glicêmicos nas diferentes intensidades de treinamento.

Para as medidas hemodinâmicas, todos os grupos apresentaram melhoras após a intervenção, com destaque para o aumento significativo da saturação de oxigênio (SPO_2) em todos os grupos, redução da pressão arterial diastólica (PAD) e da pressão de pulso nos grupos de força convencional, estabilidade pressórica no grupo RFS, sem elevação perigosa da PA, sugerindo segurança cardiovascular do protocolo.

No que se refere à lesão muscular e ao risco de trombose, os níveis de CPK aumentaram levemente apenas no grupo de baixa carga (sem risco clínico). A aldolase permaneceu dentro dos valores de referência em todos os grupos. O Dímero-D se reduziu clinicamente no grupo RFS, sugerindo baixo risco trombótico e boa adaptação vascular ao método.

Por fim, para as medidas sobre a fragilidade muscular, o grupo RFS apresentou redução da fadiga afetiva e psicossocial, diminuição do risco de sarcopenia e melhora na percepção de força funcional, sem aumento significativo de dor ou desconforto muscular, reforçando a segurança e a tolerabilidade da RFS para essa população.

Importante é salientar que o treinamento com RFS, no protocolo proposto, obteve sinalizações de efeitos adversos, como dores na nuca, câimbras e ardência nos



braços, mas somente nas primeiras quatro semanas, acreditando-se que tais sintomas podem ter sido oriundos do processo adaptativo da restrição promovida nos vasos. Os demais grupos não apresentaram nenhum tipo de informação dessa natureza.

Assim, esses achados reforçam a viabilidade e a segurança do método de RFS como estratégia complementar no tratamento conservador da DRC, especialmente aqui observadas para pessoas no estágio 3, oferecendo uma alternativa eficaz para populações com limitações funcionais e restrições ao exercício convencional, bem como com difícil acesso socioeconômico a tratamentos de práticas corporais em sua rotina.

Logo, este trabalho reafirma o papel da Universidade como espaço de produção de conhecimento aplicado e de retorno social. A criação de ambulatórios, programas de extensão e grupos de pesquisa voltados para a saúde renal demonstram que é possível integrar ensino, pesquisa e extensão de forma orgânica e transformadora.

Todavia, não se pode perder de vista, a importância da inclusão do profissional de Educação Física nos serviços de atendimento clínico de pessoas com DRC, independentemente do estágio no qual se encontram. A assistência com exercício físico tem potencialidades evidenciadas cientificamente, e esse profissional pode contribuir com a equipe



de unidades renais para melhora e ampliação da adesão dos pacientes ao tratamento.

No entanto, o percurso desta pesquisa não foi apenas interdisciplinar, mas também profundamente humano, guiado pelo desejo de impactar positivamente a percepção da qualidade de vida de pessoas renais crônicas por meio do exercício físico. Não é à toa que, atualmente, grande parte dos participantes deste estudo estão integrados ao Projeto de Extensão RIMS (Ritmo, Intensidade, Movimento e Saúde para pessoas com doenças renais) do IEFÉ-UFAL com participantes em atividades de hidroginástica e musculação, como uma forma de manter os ganhos oriundos do processo de participação em uma investigação científica.

Em termos finais, é óbvio que este trabalho não se encerra aqui. Ele é um ponto de partida para novas investigações, desdobramentos de outras parcerias e desencadeamento de formação de redes sobre exercício físico e DRC. Que este estudo sirva como inspiração para outros colegas, como incentivo à continuidade das pesquisas na área renal e como um legado de esperança para aqueles que veem, na ciência, um caminho para uma vida mais digna e saudável.



REFERÊNCIAS

AGUIAR, L.K.; PRADO, R.R; GAZZINELLI, A. M. D. C. Fatores associados à doença renal crônica: inquérito epidemiológico da Pesquisa Nacional de Saúde. **Rev Bras EPidemiol.**, v. 23, E200044, 2020.

AINSWORTH, B. E. *et al.* Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 32, n. 9, p. 498-504, 2000

AKCHURIN, O.M. Chronic Kidney Disease and Dietary Measures to Improve Outcomes. **Pediatric Clin North Am.**, v. 66, n. 1, p. 247-267, 2019.

ALIZADEH, P. H. Exercise Therapy for People with Sarcopenic Obesity: Myokines and Adipokines as Effective Actors. **Front Endocrinol (Lausanne)**, v.17 n.13 p. 811751, 2022.

ALVES, R.C. *et al.* Effect of combined training on ratings of perceived exertion and sensation of pleasure/displeasure in obese women. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 19, n. 6, p. 697-709, 2017.

AMARAL, T.L.M. *et al.* Chronic kidney disease among adults in Rio Branco, State of Acre: a population-based survey. **Cien Saude Colet.**, v. 1, p. 339-350, jan. 2021.



ACSM. The Recommended Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness, and Flexibility in Healthy Adults. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 30, n. 6, p. 975-91, jun. 1998.

ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 41, n. 3, p. 687-708, mar. 2009.

ACSM. American College of Sports Medicine Position Stand. Resistance Training Prescription for Muscle Function, Hypertrophy, and Physical Performance in Healthy Adults: An Overview of Reviews. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 58, n. 4, p. 851-872, mar. 2026.

ARAÚJO, C.L.S. **Efeitos do exercício físico na qualidade de vida e nas alterações fisiológicas de pacientes com doença renal crônica avançada.** 32f. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Educação Física) - Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2017.

ARAÚJO FILHO, J.C. *et al.* Nível de atividade física de pacientes em hemodiálise: um estudo de corte transversal. **Fisioter Pesqui.**, v. 23, n. 3, p. 234-40, 2016.

ARAÚJO M (Org.). **Manual de avaliação e tratamento da dor.** Belém: EDUEPA, 2020.

ARIAS, I.M. *et al.* New marker of renal function. **Nefrologia**, v. 25, n. 3, p. 217-20, 2005.

ABCP. Consenso Brasileiro de Fadiga **Revista Brasileira de Cuidados Paliativos**, v. 3, n. 2, Suplemento 1, p. 1-5, 2010.



AUCELLA, F. *et al.* Physical exercise programs in CKD: lights, shades and perspectives. **J Nephrol**, v. 28, n. 2, p. 143-50, abr. 2015.

BAE, Y.H.; LEE, S.M.; JO, JI. Aerobic training during hemodialysis improves body composition, muscle function, physical performance, and quality of life in chronic kidney. **J Phys Ther Sci.**, v. 27, n. 5, p. 1445-9, May 2015.

BAGLEY, W.H.; YANG, H.; SHAH, K.H. Rhabdomyolysis. **Intern Emerg Med.**, v. 2, n. 3, p. 210-8, 2007.

BAHIA, J.C. *et al.* Fadiga em Mulheres com Câncer de Mama Submetidas à Radioterapia. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 65, n. 2, e-09089, 2019.

BAKER, B.S. *et al.* Older Than Age 50 Result in Muscle Hypertrophy, Increased Strength, or Greater Physical Function? A Systematic Review. **Clin Orthop Relat Res.**, v. 478, n. 3, p. 593-606, Mar. 2020.

BARBANTI, VJ. **Dicionário de Educação Física e Esporte**. São Paulo: Manole, 2011.

BARBOSA, J.B. *et al.* Does blood flow restriction training increase the diameter of forearm vessels in chronic kidney disease patients? A randomized clinical trial. **The journal of vascular access**, v. 1, n. 8, p. 1-8, 2018.

BASTOS, R.M.R. *et al.* Prevalência da Doença Renal nos estágios 3, 4 e 5 em Adultos. **Rev Assoc Med Bras.**, v. 55, n. 1, p. 40-44, 2009.

BASTOS, V.; RODRIGUES, F.; TEIXEIRA, D. O papel dos afetos em modelos de processamento duplo e sua importância para



a adesão ao exercício físico: uma revisão da literatura. **Motricidade**, v. 20, n. 3, p. 277-297, 2024.

BAZANELLI, A.P. *et al.* Usefulness of waist circumference as a marker of abdominal adiposity in peritoneal dialysis: a cross-sectional and prospective analysis. **Nephrol Dial Transplant.**, v. 27, n. 2, p. 790-795, Feb. 2012.

BÖHM, J. *et al.* Acute effects of intradialytic aerobic exercise on solute removal, blood gases and oxidative stress in patients with chronic kidney disease. **J Bras Nefrol.**, v. 39, n. 2, p. 172-180, 2017.

BORGES, M. *et al.* Costs and Consequences of Chronic Kidney Disease in People with Diabetes in Portugal: A Modelling Study. **Porto Acta Med.**, v. 38, n. 5, p. 307-316, 2025.

BORISOVSKAYA, A.; CHMELIK, E.; KARNIK, A. Exercício e dor crônica. **Adv Exp Med Biol.**, v. 1228, p. 233-253, 2020.

BRANCACCIO, P.; LIPPI, G.; MAFFULLI, N. Biochemical markers of muscular damages. **Clin Chem Lab Med.**, v. 48, n. 6, p. 757-67, jun. 2010.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Guia de Atividade Física para a População Brasileira**. Brasília: Ministério da Saúde, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas do Sobrepeso e Obesidade em adultos**. Brasília, DF: MS, 2020b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças Não Transmissíveis. **Vigitel Brasil 2006-2021: vigi-**



lância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico. Brasília: Ministério da Saúde, 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Sistema de Informações sobre Mortalidade**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/sistemas-de-informacao/sim>. Acesso em: 15 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigitel Brasil 2018**. Brasília: Ministério da Saúde, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde Ambiente. Cenário da Doença Renal Crônica no Brasil no período de 2010 a 2023. **Boletim Epidemiológico** 12, v. 55, p. 1-20, 2024.

BRASPEN. Diretriz Braspen de Terapia Nutricional no Paciente com Doença Renal. **Braspen Journal**., v. 36, n. 2, Supl.2, 2021.

BRITO, Ana Tereza de Sousa. **Inovação tecnológica em desempenho humano: desenvolvimento do dispositivo de compressão apendicular (DICA) para o método de restrição de fluxo sanguíneo (RFS) comparado com instrumentos de padrões similares**. 2022. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.

BUGERA, E.M. *et al.* The systemic myokine response of decorin, interleukin-6 (IL-6) and interleukin-15 (IL-15) to an acute bout of blood flow restricted exercise. **Eur J Appl Physiol**., v. 118, n. 12, p. 2679-2686, 2018.



BURNIER, M.; DAMIANAKI, A. Hypertension as Cardiovascular Risk Factor in Chronic Kidney Disease. **Circ Res.**, v. 132, n. 8, p. 1050-1063, 2023.

CAETANO, A.F.P. *et al.* Estágios da doença renal crônica e suas associações com o nível de atividade física, qualidade de vida e perfil nutricional. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde.**, v. 27, p. 1-9, 2022.

CAETANO, A.F.P. (Org). **Atividade Física e Doença Renal Crônica:** Estudos observacionais e Relatos de experiência. Belém: RFB editora, 2024.

CAETANO, A.F.P. *et al.* Nível de atividade física em pacientes renais crônicos e correlações com perfil nutricional e qualidade de vida. **Revista Contexto & Saúde**, v. 23, n. 47, p. 1-13, 2023.

CAETANO, A.F.P.; OLIVEIRA, J.A.; SANTOS, C.F.P.; SILVA, A.W.; OLIVEIRA, M.J.C.; CIRILO- SOUSA, M.S. Exercita Rim – physical exercise protocol with blood flow restriction for people with chronic kidney disease on conservative treatment. **J Complexity Sci Health**, v. 8, n.2, 29-39, 2025.

CALDWELL, J.T. *et al.* Impact of high sodium intake on blood pressure and functional sympatholysis during rhythmic handgrip exercise. **Appl Physiol Nutr Metab.**, v. 45, n. 6, p. 613-620, Jun. 2020.

CARDOSO JUNIOR, C.G. *et al.* Hipertensão Arterial Sistêmica. In.: RASO, V.; GREVE, J.M.A.; POLITO, M.D. (Org.). **Pollock:** Fisiologia Clínica do Exercício. São Paulo, Manole, 2013. p. 267-275.



CARLSON, D.J. *et al.* Treinamento de exercícios isométricos para controle da pressão arterial: uma revisão sistemática e meta-análise. **Mayo Clin Proc.**, v. 89, n. 3, p. 327-34, 2014.

CARPIO-RIVERA, E. *et al.* Efeitos agudos do exercício na pressão arterial: uma investigação arterial:alítica. **Arq Bras Cardiol.**, v. 106, n. 5, p. 422-33, 2016.

CASPERSEN, C.J. *et al.* Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Reports.**, v. 100, n. 2, p. 126-131, 1985.

CHALDER, T. *et al.* Development of a fatigue scale. **J Psychosom Res.**, v. 37, n. 2, p. 147-53, 1993.

CHANG, Y.; CHENG, S.; LIN, M. The effectiveness of intradialytic leg ergometry exercise for improving sedentary lifestyle and fatigue among patients with chronic kidney disease: a randomized clinical trial. **Int J Nurs Stud**, v. 47, p. 1383-8, 2010.

CHARLES, C.; FERRIS, A.H. Chronic Kidney Disease. **Prim Care.**, v. 47, n. 4, p. 585-595, Dec. 2020.

CHEEMA, B.S.; SINGH, M.A. Exercise Training in Patients Receiving Maintenance Hemodialysis: a Systematic Review of Clinical Trials. **Am J Nephrol.**, v. 25, n. 4, p. 352- 64, 2005.

CHEEMA, B.S.B. *et al.* Effect of resistance training during hemodialysis on circulating cytokines: a randomized controlled trial. **Eur J Appl Physiol.**, v. 111, n. 7, p. 1437-45, Jul. 2011.

CHEN, S. *et al.* Dose-dependent association between body mass index and mental health and changes over time. **JAMA**



Psychiatry, v. 81, n. 8, p. 797–806, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2024.0921>.

CIRILO-SOUSA, M.S. *et al.* Aspectos evolutivos, metodológicos e aplicação do método de 450 restrição de fluxo sanguíneo. In.: CATTUZO, M.T.; CAMINHA, I.R (Org.). **Fazer e Pensar Ciência em Educação Física**. Recife, UDUPE, 2025a. p. 450-472.

CIRILO-SOUSA, M.S. *et al.* Restrição de fluxo sanguíneo: aspectos clínicos, evidências e inovação científica no uso do método. In.: CATTUZO, M.T.; CAMINHA, I.R (Org.). **Fazer e Pensar Ciência em Educação Física**. Recife, UDUPE, 2025b. p. 473-496.

CIRILO-SOUSA, M.S. *et al.* The training method with blood flow restriction: perception and critical analysis of the methodological process and its use. **Motricidade.**, v. 18, p. 307-311, 2022.

CIRILO-SOUSA, M.S.; RODRIGUES NETO, G. **Metodologia do treinamento físico com restrição de fluxo sanguíneo**. João Pessoa/ PB: Ideia, 2018.

CLARKSON, M.J. *et al.* Hemodynamic and perceptual responses to blood flow-restricted exercise among patients undergoing dialysis. **Am J Physiol Renal Physiol.**, v. 318, F843–F850, 2020.

CLARKSON, P.M.; EICHNER, E. R. Exertional rhabdomyolysis: does elevated blood creatine kinase foretell renal failure? **Curr Sports Med Rep.**, v. 5, n. 2, p. 57-60, 2006.

CORRÊA, H.L. *et al.* Concerns about the application of resistance exercise with blood-flow restriction and thrombosis



risk in hemodialysis patients. **Journal of Sport and Health Science.**, v. 13, p. 548-558, 2024.

CORRÊA, H.L. *et al.* Low-load resistance training with blood flow restriction prevent renal function decline: The role of the redox balance, angiotensin 1-7 and vasopressin. **Physiology & Behaviour.**, v. 230, p. 113295, 2021.

CRUZ-JENTOFT, A.J. *et al.* Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. **Age and Ageing.**, v. 39, n. 40, v412-423, 2010.

CRUZ-JENTOFT, A.J. *et al.* Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. **Age and ageing.**, v. 48, p. 16-31, 2019.

CUYUL-VÁSQUEZ, I. *et al.* Blood flow restriction training for people with cardiovascular disease: An exploratory review. **Rehabilitacion**, v. 54, n. 2, p. 116-127, 2020.

D'ALESSANDRO, C. *et al.* Prevalence and correlates of sarcopenia among elderly CKD outpatients on tertiary care. **Nutrients**, v. 10, n. 12, p. 1951, 2018.

DEMELO-RODRÍGUEZ, P. *et al.* Clinical characteristics and presentation form in patients with venous thromboembolism and negative or weakly positive D-dimer. **Med Clin (Barc)**, v. 160, n. 6, p. 253-257, 2023.

DEUS, L.A. *et al.* Improving the prognosis of renal patients: the effects of blood flow-restricted resistance training on redox balance and cardiac autonomic function. **Exp Physiol.**, v. 106, p. 1099-1109, 2021.



DOMÍNGUEZ, R.; GARNACHO-CASTAÑO, M.V.; MATÉ-MUÑOZ, J.L. Efectos del entrenamiento contra resistencias o resistance training en diversas patologías. **Nutr Hosp.**, v. 33, n. 3, p. 284, 2016.

DONG, Z.J.; ZHANG, H.L.; YIN, L.X. Effects of intradialytic resistance exercise on systemic inflammation in maintenance hemodialysis patients with sarcopenia: a randomized controlled trial. **Int Urol Nephrol.**, v. 51, n. 8, p. 1415-1424, 2019.

FITCH, M.I.T. *et al.* Evaluating a new clinical assessment tool: The Fatigue Pictogram. **Support Care Cancer.**, v. 11, n. 6, p. 403, 2003.

GADELHA, A.B. *et al.* Effects of pre-dialysis resistance training on sarcopenia, inflammatory profile, and anemia biomarkers in older community-dwelling patients with chronic kidney disease: a randomized controlled trial. **Int Urol Nephrol.**, v. 53, n. 10, p. 2137-2147, 2021.

GARBER, C. E. *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Med Sci Sports Exer.**, v. 43, n. 7, p. 1334- 59, 2011.

GENEEN, L.J. *et al.* Physical activity and exercise for chronic pain in adults: an overview of Cochrane Reviews. **Cochrane Database Syst Rev.**, v. 4, n. 4, CD011279, 2017.

GIL, A.L.S. *et al.* Effect of strenght training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrheic women. **Clinical physiology and functional imagins.**, v. 37, n.1, p. 221-228, 2017.



GLASSOCK, R.; WINEARLS, C. Ageing and the Glomerular Filtration Rate: Truths and Consequences. **Trans Am Clin Climatol Assoc.**, v. 120, p. 419–428, 2009.

GOLDEN, A. Obesity's Impact. **Nurs Clin North Am.**, v. 56, n. 4, p. 13–15, 2021.

GONZALEZ, A. M. *et al.* Muscle Oxygen Saturation Dynamics During Upper-Body Resistance Exercise. **Sensors**, v. 16, 24, n. 20, p. 6668, 2024.

GOPAR-NIETO, R. *et al.* Como tratar la hipertension arterial sistémica? Estrategias de tratamiento actuales. **Arch Cardiol Mex.**, v. 91, n. 4, p. 493–499, 2021.

GOUVÊA, E.C.D. *et al.* Self-report of medical diagnosis of chronic kidney disease: prevalence and characteristics in the Brazilian adult population, National Health Survey 2013 and 2019. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 31, nspe1, e2021385, 2022.

GREENWOOD, S. A. *et al.* Effect of exercise training on estimated GFR, vascular health, and cardiorespiratory fitness in patients with CKD: a pilot randomized controlled trial. **Am J Kidney Dis.**, v. 65, n. 3, p. 425–34, 2011.

GREENWOOD, S. *et al.* Exercise programme to improve quality of life for patients with end-stage kidney disease receiving haemodialysis: the PEDAL RCT. **Health Technology Assessment**, v. 25, n. 40, p. 1–52, 2021.

GRUPTA, S.K. Intention-to-treat concept: A review. **Perspect Clin Res.**, v. 2, n. 3, p. 109–112, 2011.



GUIMARÃES-FERREIRA, L. Papel do sistema da fosfocreatina na homeostase energética das musculaturas esquelética e cardíaca. **Einstein.**, v. 12, n. 1, p. 126-31, 2014.

HAFEN, B. B.; SHARMA, S. Oxygen saturation. In: **StatPearls**. Treasure Island: StatPearls Publishing, 2025.

HAMEL, Y. *et al.* Acute rhabdomyolysis and inflammation. **J Inherit Metab Dis.**, v. 38, n. 4, p. 621-8, 2015.

HARDY, C. J.; REJESKI, W.J. Measurement of affect during exercise. **J Sport Exerc Psychol**, v. 11, p. 304-17, 1989.

HEIWE, S.; JACOBSON, S.H. Exercise training for adults with chronic kidney disease. **Cochrane Database Syst Rev.**, v. 5, n. 10, CD003236, 2011.

HENNIGAR, S.R.; MCCLUNG, J.P.; PASIAKOS, S.M. Nutritional interventions and the IL-6 response to exercise. **FASEB J.**, v. 31, n. 9, p. 3719-3728, 2017.

HOWDEN, E.J. *et al.* Exercise training in CKD: efficacy, adherence, and safety. **Am J Kidney Dis.**, v. 65, n. 4, p. 583-91, 2015.

HRISTEA, D. *et al.* Combining Intra-dialytic Exercise and Nutritional Supplementation in Malnourished Older Hemodialysis Patients: Towards Better Quality of Life and Autonomy. **Nephrolog**, v. 21, n. 9, p. 785-90, 2016.

HUBER, T.S. *et al.* Maturação da Fístula Arteriovenosa, Permeabilidade Funcional e Taxas de Intervenção. **JAMA Surg.**, v. 156, n. 12, p. 1111-1118, 2021.



HUGHES, L. *et al.* Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. **Br J Sports Med.**, v. 51, p. 1003-1011, 2017.

HUIDOBRO, E.J.P.; GUZMAN, A.M.; TAGLE, R. Use of cystatin C to estimate glomerular filtration rate. **Rev. méd. Chile**, v. 149, n. 1, p. 98-102, 2021.

INKER, L.A.; ENEANYA, N.D.; CORESH, J. For the Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration. New Creatinine- and Cystatin C-Based Equations to Estimate GFR without Race. **N Engl J Med.**, v. 385, n. 19, p. 1737-1749, 2021.

INKER, L.A.; SCHMID, C.H.; TIGHIOUART, H. Estimating glomerular filtration rate from serum creatinine and cystatin C. **Journal of Medicine**, v. 367, n. 7, p. 681, 2012.

INUZUKA, S.; BARROSO, W.K.S. Rigidez Arterial e Previsão de Doença Renal Crônica. **Arq Bras Cardiol.**, v. 120, n. 12, e20230779, 2024.

JIANG, M. *et al.* Associations between sarcopenic obesity and risk of cardiovascular disease: A population-based cohort study among middle-aged and older adults using CHARLS. **Clin Nutr.**, v. 43, n. 3, p. 796-802, 2024.

JOHANSEN, K.; LEE, C. Body composition in chronic kidney disease. **Curr Opin Nephrol Hypertens**, v. 24, n. 3, p. 268-75, 2015.

JOHANSEN, K. L.; PAINTER, P. Exercise in individuals with CKD. **American Journal of Kidney Diseases**, v. 59, n. 1, p. 126-134, 2012.



JOHANSEN, K.L. *et al.* Effects of Resistance Exercise Training and Nandrolone Decanoate on Body Composition and Muscule Function Among Patients Who Receive Hemodialysis: A Randomized, Controlled Trial. **J. Am. Soc. Nephrol.**, v. 17, n. 8, p. 2307-14, 2006.

JONES, A. *et al.* Anticoagulação na doença renal crônica: estado atual e perspectivas futuras. **J Thromb Haemost.**, v. 22, n. 2, p. 323-336, fev. 2024.

KACIN, A. *et al.* Functional and molecular adaptations of quadriceps and hamstring muscles to blood flow restricted training in patients with ACL rupture. **Scand J Med Sci Sports**, v. 31, n. 8, p. 1636-1646, 2021.

KDIGO WORK GROUP. KDIGO clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. **Kidney International Supplements**, v. 105, n. 45, p. 1-199, 2024.

KDIGO WORK GROUP. KDIGO 2026 Clinical Practice Guideline for the Management of Anemia in Chronic Kidney Disease (CKD). **Kidney International Supplements**, v. 109, n. 15, p. 51-599, 2026.

KAERCHER, P.L.K. *et al.* Escala de percepção subjetiva de esforço de Borg como ferramenta de monitorização da intensidade de esforço físico. **RBPFX - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 12, n. 80, p. 1180-1185, 2019.

KARAMIZRAK, S.O. *et al.* Changes in serum creatine kinase, lactate dehydrogenase and aldolase activities following supramaximal exercise in athletes. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 34, n. 2, p. 141-6, Jun. 1994.



KATAOKA, H. *et al.* The Efficacy of Short-Term Toe Resistance Training in Chronic Hemodialysis Patients with Type 2 Diabetes. **Healthcare**, v. 11, n. 1, p. 1, 2023.

KELLER, G. *et al.* Nephron Number in Patients with Primary Hypertension. **The New England Journal of Medicine**, v. 348, n. 2, p. 101-107, 2003.

KELLY, S.A.; VILLENA, F.P.; POMP, D. The ‘omics’ of voluntary exercise: systems approaches to a complex phenotype. **Trends in Endocrinology & Metabolism**, v. 26, n. 12, p. 673-675, 2015.

KHOSLA, N; SARAFIDIS, P.A.; BAKRIS, G.L. Microalbuminuria. **Clin Lab Med.**, v. 26, n. 3. p. 635-53, Sept. 2006.

KICKHOFEL, M.A. *et al.* Estratégias de avaliação do sistema de fadiga em pessoas com Doença Renal Crônica: revisão sistemática. **Revista Uruguaya de Enfermería**, v. 17, n. 1, e2022v17n1a9, 2022.

KIM, J.K. *et al.* Prevalence of and factors associated with sarcopenia in elderly patients with end-stage renal disease. **Clin Nutr.**, v. 33, n. 1, p. 64-68, 2014.

KIRKMAN, D.L. *et al.* Anabolic exercise in haemodialysis patients: a randomised controlled pilot study. **J Cachexia Sarcopenia Muscle**, v. 5, n. 3, p. 199-207, 2014.

KIUCHI, M.G.; CHEN, S. The effect of the physical activity on polymorphic premature ventricular complexes in chronic kidney disease. **Kidney Res Clin Pract.**, v. 36, n. 2, p. 167-74, 2017.



KJAERGAARD, A.D. *et al.* Obesity and Kidney Function: A Two-Sample Mendelian Randomization Study. **Clin Chem.**, v. 68, n. 3, p. 461-472, 2022.

KJAERGAARD, S. *et al.* Longevity forecasting by socio-economic groups using compositional data analysis. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 183, n. 3, p. 1167-1187, 2020.

KONG, H. *et al.* Effects of blood flow restriction training on cardiometabolic health and body composition in adults with overweight and obesity: a meta-analysis. **Front Physiol.**, v. 15: p. 1521995, 2025.

KREINER, F.F. *et al.* Interleukin 6 in diabetes, chronic kidney disease, and cardiovascular disease: mechanisms and therapeutic perspectives. **Expert Rev Clin Immunol.**, v. 18, n. 4, p. 377-389, Apr. 2022.

KREUTZ, R. *et al.* European Society of Hypertension clinical practice guidelines for the management of arterial hypertension. **Eur J Intern Med.**, v. 126, p. 1-15, 2024.

KRUPP, L.B. *et al.* The fatigue severity scale: application to patients with multiple sclerosis and systemic lupus erythematosus. **Arch Neurol.**, v. 46, p. 1121-3, 1989.

KUORINKA, I. *et al.* Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. **Applied Ergonomics**, v. 18, n. 3, p. 233-237, 1987.

LAURENTINO, G.C. *et al.* Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 3, v406-412, 2012.



LEDWICH, J. R. Changes in serum creatine phosphokinase during submaximal exercise testing. **Canadian Medical Association Journal**, v. 109, n. 4, p. 273–278, 1973.

LEE, M.R.; JUNG, S.M.; KIM, Y.B. Association between muscle strength and type 2 diabetes mellitus in adults in Korea. **Medicine**, v. 97, n. 23, e10984, 2018.

LEE, G. Exercise-induced rhabdomyolysis. **Rhode Island Medical Journal**, v. 97, n. 11, p. 22–24, 2014.

LEITE, L.P. *et al.* Hipertensão da Doença Renal Crônica em Tratamento Conservador. **Rev Bras Hipertens.**, v. 27, n. 4, p. 115–21, 2020.

LEVEY, A.S. *et al.* Nomenclature for kidney function and disease: report of a Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Consensus Conference. **Kidney Int.**, v. 97, n. 6, p. 1117–29, 2020.

LEWIS, M.I. *et al.* Effect of endurance and/or strength training on muscle fiber size, oxidative capacity, and capillarity in hemodialysis patients. **Journal of Applied Physiology**, v. 119, n. 8, p. 865–871, 2015.

LIMA, J.P.S. *et al.* Qualidade de Vida de Portadores da Doença Renal Crônica de uma Capital Brasileira. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, e9210716506, 2021.

LOENNEKE, J.P.; WILSON, G.J.; WILSON, J.M. A mechanistic approach to blood flow occlusion. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 1, p. 1–4, 2010.

LOUREIRO, N. S. L. *et al.* Relação de indicadores antropométricos com fatores de risco para doença cardiovascular



em adultos e idosos de Rio Branco, Acre. **Revista de Saúde Pública**, v. 54, p. 24, 2020.

LIU, C.L. *et al.* Comparative efficacy of exercise modalities for general risk factors, renal function, and physical function in non-dialysis chronic kidney disease patients: a systematic review and network meta-analysis. **Ren Fail.**, v. 46, n. 2, p. 2373272, 2024.

LIU, M.; LI, X.C.; LU, L. Cardiovascular disease and its relationship with chronic kidney disease. **Eur Rev Med Pharmacol Sci.**, v. 18, n. 19, p. 2918-26, 2014.

LIU, R. *et al.* Retinal oxygen saturation and vessel diameter in patients with chronic kidney disease. Hafen BB, Sharma S. Oxygen Saturation. **Stat Pearls.**, v. 9, n.33, p. e352-e359, 2022.

LUZ, C.R. *et al.* Potential therapeutic effects of branched-chain amino acids supplementation on resistance exercise-based muscle damage in humans. **J Int Soc Sports**, v. 8, p. 23, 2011.

MAISONS. V. *et al.* Cardio-renal syndrome: what's new in 2023? **Nephrol Ther.**, v. 19, n. 2, p. 121-138, 2023.

MAKDISSE, M. **Índice tornozelo-braquial**: importância e uso na prática clínica. São Paulo: Editora Segmento Farma; 2004.

MARINHO, A.W.G.B. *et al.* Prevalência de Doença Renal Crônica em adultos no Brasil: Revisão Sistemática da Literatura. **Cad. Saúde Colet.**, v. 25, n. 3, p. 379-388, 2017.

MATSUDO, S. *et al.* Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): Estudo de Validade e Reprodutibilidade no Brasil. **Atividade Física & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 6-18, 2001.



MATSUSHITA, K. et al. Epidemiology and risk of cardiovascular disease in populations with chronic kidney disease. **Nature Reviews Nephrology**, v. 18, n. 11, p. 696–707, 2022.

McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do Exercício**: nutrição, energia e desempenho humano. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

MEDINA, L.V.; CARRETERO, R.G. Hypertensive response to exercise: Does it has prognostic implications? **Rev Clin Esp.**, v. 220, n. 4, p. 246–247, 2020.

MELLO, M.T. et al. O Exercício Físico e os Aspectos Psicobiológicos. **Rev Bras Med Esporte**, v. 11, n. 3, p. 195e–199e, 2005.

MEYER, M.; SUNDARAM, S.; SCHAFHALTER-ZOPPOTH, I. Changes in serum creatine phosphokinase during submaximal exercise testing Exertional and CrossFit-Induced Rhabdomyolysis. **Clin J Sport Med.**, v. 31, n. 5, e290–e292, 2021.

MITTAZ HAGER, A.G. et al. Effects of three home-based exercise programmes regarding falls, quality of life and exercise-adherence in older adults at risk of falling: protocol for a randomized controlled trial. **BMC Geriatr.**, v. 19, n. 1, p. 13, 2019.

MOLERO-CALAFELL, J. et al. Intention to treat and per protocol analyses: differences and similarities. **Key Concepts in Clinical Epidemiology.**, v. 173, p. 111457, 2024.

MONTEIRO, M.F.; SOBRAL FILHO, D.C. Physical exercise and blood pressure control. **Rev Bras Med Esport.**, v. 10, n. 6, p. 517–519, 2004.



MOORTHY, R.N.; ALVIN, K.G. Clinical relevance of sarcopenia in chronic kidney disease. **Curr Opin Nephrol Hypertens.**, v. 26, n. 3, p. 219-228, 2017.

MORALES, A.; WILLIAM, J.H. Chronic Dialysis Therapies. **Advances in Kidney Disease and Health.**, v. 31, n. 6, p. 553-565, 2024.

MORRIS, J.N.; CRAWFORD, M.D. Coronary Heart Disease and Physical Activity of Work. **British Medical Journal**, v. 2, n. 5111, p. 1485-96, 1958.

MUÑOZ RODRÍGUEZ, F.J. Diagnosis of deep vein thrombosis. **Rev Clin Esp.**, S0014-2565, n. 20, p. 30132-6, 2020.

MURRAY, C. J.; JENNINGS, R. B.; REIMER, K.A. Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. **Circulation**, v. 74, p. 1015-1022, 1986.

NAIME, FF. **Manual de Tratamento da Dor**. São Paulo: Ed. Manole, 2013.

NERBASS, F.B. *et al.* Brazilian Dialysis Survey from 1999 to 2023: trends in demographics, nutritional status, primary disease, and viral serology. *Braz. J. Nephrol.*, v. 47, n. 3, e20250036, 2025.

NEUNHÄUSERER, D. *et al.* Impacto do treinamento físico e do oxigênio suplementar no desempenho de exercícios submáximos em pacientes com DPOC. **Scand J Med Sci Sports**, v. 31, n. 3, p. 710-719, 2021.

NIEMAN, D. **Exercício e Saúde**: Teste e Prescrição de exercícios. São Paulo: Manole, 2011.



SERAVALLE, E.; JENSSEN, T.G. Chronic kidney disease in patients with diabetes mellitus. **Endocr Connect.**, v. 10, n. 5, R151–R159, 2021.

OBI, Y. *et al.* Latest consensus and update on protein-energy wasting in chronic kidney disease. **Curr Opin Clin Nutr Metab Care.**, v. 18, n. 3, p. 254-62, 2015.

OGLE, D.H; WHEELER, P.; DINNO, A. **FSA: Fisheries Stock Analysis.** R package version 0.9.1, 2021. Disponível em: <https://fishr-core-team.github.io/FSA/>. Acesso em 05 março 2026.

OLIVEIRA PONTES, U. *et al.* Prevalência e fatores associados à doença renal crônica em pacientes hipertensos cadastrados na estratégia de saúde da família de rio branco, acre. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR.**, v. 28, n. 1, p. 83–101, 2024.

OPPERT, J.M.; BELLICHA, A.; CIANGURA, C. Physical activity in management of persons with obesity. **Eur J Intern Med.**, v. 93, p. 8-12, 2021.

ORANGE, S.T. *et al.* The exercise IL-6 enigma in cancer. **Trends Endocrinol Metab.**, v. 34, n. 11, p. 749-763, 2023.

OMS. **Physical status:** the use and interpretation of anthropometry. 1995. Disponível em: http://www.unu.edu/unupress/food/FNBv27n4_suppl_2_final.pdf. Acesso em: 10 novembro 2025.

OZBEK, L. *et al.* Exploring Adiposity and Chronic Kidney Disease: Clinical Implications, Management Strategies, Prognostic Considerations. **Medicina**, v. 60, n. 10, p. 1668, 2024.



PAGOTTO, V. *et al.* Circunferência da Panturrilha: Validação Clínica para Avaliação da Massa Muscular em Idosos. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 71, n. 2, p. 343-50, 2018.

PAINTER, P.L. *et al.* Effects of exercise training during hemodialysis. **Nephron.**, v. 43, p. 87-92, 1986.

PEARSON, L.; HASSAN, F.; KLONIZAKIS, M. Blood flow restriction training in patients with chronic disease: a narrative review. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 41, n. 4, p. 279-290, 2021.

PEDERSEN, B.K.; FEBBRAIO, M.A. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. **Physiol Rev.**, v. 88, n. 4, p. 1379-406, 2008.

PERERA, E. *et al.* Effects of Blood Flow Restriction Therapy for Muscular Strength, Hypertrophy, and Endurance in Healthy and Special Populations: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Clin J Sport Med.**, v. 32, n. 5, p. 531-545, 2022.

PEI, G. *et al.* Aerobic exercise in adults with chronic kidney disease (CKD): a meta-analysis. **Int Urol Nephrol.**, v. 51, n. 10, p. 1787-1795, 2019.

PEREIRA, P.M.G. **Efeito do treinamento de força convencional e com restrição de fluxo sanguíneo sobre os parâmetros morfológicos, neuromusculares e funcionais em mulheres após a menopausa.** 148f. 2016. Doutorado (Licenciatura em Educação Física) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

PERES, C.P.A. *et al.* Efeitos de um programa de exercícios físicos em pacientes com doença renal crônica terminal em hemodiálise. **J Bras Nefrol.**, v. 31, n. 2, p. 105-113, 2009.



PERES, A. et al. Effects of intradialytic exercise on systemic cytokines in patients with chronic kidney disease. **Renal Failure**, v. 37, n. 9, p. 1430–1434, 2015.

PERSONS, T.L. et al. Exercise training during hemodialysis improves dialysis efficacy and physical performance. **Arch Phys Med Rehabil.**, v. 87, p. 680-7, 2006.

PIPER, B.F. et al. The revised Piper Fatigue Scale: psychometric evaluation in women with breast cancer. **Oncol Nurs Forum**, v. 25, n. 4, p. 677-84, 1998.

PONTES, U.O. et al. Prevalência e fatores associados à doença renal crônica em pacientes diabéticos. **Revista Contexto & Saúde**, v. 24, n. 48, e14221, 2024.

PRETTO, C.R. et al. Quality of Life of Chronic Kidney Patients on Hemodialysis and Related Factors. **Rev. Latino-Am. Enfermagem**, v. 28: e3327, 2020.

PURDY, J.C.; SHATZEL, J.J. The hamtologic consequences of obesity. **Eur J Haematol**, v. 106, n. 3, p. 306–319, 2021.

QIU, Z. et al. Physical Exercise and Patients with Chronic Renal Failure: A Meta-Analysis. **BioMed Research International**, v. 1, n. 1, 7191826, 2017.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing: Vienna, 2024.

RA, S.G. et al. Effect of BCAA supplement timing on exercise-induced muscle soreness and damage: a pilot placebo-controlled double-blind study. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 58, n. 11, p. 1582–1591, 2018.



RAMADÃ, S.R. *et al.* Impact of intradialytic exercise on blood pressure and quality of life in hemodialysis patients: a randomized controlled trial. **Nephrology Dialysis Transplantation.**, v. 39, n. 1, I1454-I1455, 2024.

RASO, V.; GREVE, J.M.A.; POLITO, M.D. **Pollock: Fisiologia Clínica do Exercício.** São Paulo, Manole, 2013.

REBOREDO, M.M. *et al.* Exercício físico em pacientes dializados. **Rev Bras Med Esporte**, v. 13, n. 6, p. 427-430, 2007.

REBOUSSIN, D.M. *et al.* Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure. **Hypertension**, V. 71, n. 8: e116-e135.

RHEA, M.R. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. **J Strength Cond Res.**, v. 18, n. 4, p. 918-20, 2004.

RIDLEY, J.; HOEY, K.; BALLAGH-HOWES, N. The exercise-during hemodialysis program: report on a pilot study. **CANNT J.**, v. 9, p. 20-6, 1999.

RIELA, M.C.; MARTINS, C. **Nutrição e o Rim.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

RENNKE, H.G.; DENKER, B.M. **Fisiopatologia Renal: Princípios Básicos.** São Paulo: LMP Editora, 2009.

RIDKER, P.M.; RANE, M. Interleukin-6 Signaling and Anti-Interleukin-6 Therapeutics in Cardiovascular Disease. **Circ Res.**, v. 128, n. 11, p. 1728-1746.

ROCHA, E.; PANIZO, C. Thromboembolic disease. D dimer: yes or not? **Med Clin (Barc).**, v. 119, n. 8, p. 296-7, 2002.



RODRIGUES NETO, G. *et al.* Restrição de fluxo sanguíneo (KAATSU Training): segurança e eficácia. *In.*: SOUSA-CIRILO, M.S.; BATISTA, G.R. (Org.). **Produção científica em cinesioterapia**: aplicabilidade prática no contexto morfológico, metabólico e neuromuscular. Vila Real, Portugal: Sílabas Didáticas, 2021. p.111-125.

ROLLAND, Y. *et al.* Sarcopenia, calf circumference, and physical function of elderly women: a cross-sectional study. **J Am Geriatr Soc.**, v. 51, n. 8, p. 1120-4, 2003.

ROLNICK, N, *et al.* Potential implications of blood flow restriction exercise on patients with chronic kidney disease: a brief review. **Journal Exercise Rehabilitation**, v. 18, n. 2, p. 81-95, 2022.

ROLNICK, N. *et al.* Perceived Barriers to Blood Flow Restriction Training. **Frontiers in Rehabilitation Sciences**, v. 14, 2021.

RUS, R. *et al.* Effects of handgrip training and intermittent compression of upper arm veins on forearm vessels in patients with end-stage renal failure. **Ther Apher Dial**, v. 9, p. 241-244, 2005.

SALAH, S.M. *et al.* Promotes detrimental cardiac physiology, pulmonary edema, and death in the cpk model of polycystic kidney disease. **Am J Physiol Renal Physiol.**, v. 317, n. 2, F343-F360, 2019.

SANDERS, T.M.; BLOOR, C.M. Effects of repeated endurance exercise on serum enzyme activities in well-conditioned males. **Med Sci Sports**, v. 7, n. 1, p. 44-7, 1975.



SANJULIANI, A.F. Fisiopatologia da hipertensão arterial: conceitos teóricos úteis para a prática clínica. **Revista da SOCERJ**, v. 15, n. 4, p. 210-218, 2002.

SANTOS, P.R. *et al.* Pain in Patients With Chronic Kidney Disease Undergoing Hemodialysis: A Systematic Review. **Pain Manag Nurs.**, v. 22, n. 5, p. 605-615, 2021.

SATO, Y. The history and future of KAATSU training. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2005.

SCHNEIDER, C. M. *et al.* Effects of physical activity on creatine phosphokinase and the isoenzyme creatine kinase-MB. **Annals of Emergency Medicine**, v. 25, n. 4, p. 520-524, 1995.

SERAVALLE, G.; GRASSI, G. Obesity and Hypertension. **Pharmacol Res.**, v. 122, p. 1-7, 2017.

SCHNEIDER, C.M. *et al.* Effects of physical activity on creatine phosphokinase and the isoenzyme creatine kinase-MB. **Ann Emerg Med.**, v. 25, n. 4, p. 520-4, 1995.

SHALOOD, J.; SANVICTORES, T.; AEDDULA, N. Physiology, Arterial Pressure Regulation. **StatPearls**, August 28, 2023. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538509/>. Acesso em 05 março 2026.

SHARMAN, J.E.; LA GERCHE, A.; COOMBES, J.S. Exercise and cardiovascular risk in patients with hypertension. **Am J Hypertens**, v. 28, n. 2, p. 147-58, 2015.

SILVA, I.B. *et al.* Effect of an exercise program with blood flow restriction on the muscular strength of patients with



chronic kidney disease: a randomized clinical trial. **J Bodyw Mov Ther.**, v. 28, p. 187–192, 2021.

SILVA, H.G. **Efeito agudo do exercício de força com restrição de fluxo sanguíneo contínua e intermitente nos membros superiores e inferiores sobre a hemodinâmica em mulheres com hipertensão controlada.** 80f. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Programa Associado de Pós-graduação em Educação Física – UPE/UFPB, João Pessoa, 2017.

SIMO, V.E. *et al.* Benefits of a low intensity exercise programme during haemodialysis sessions in elderly patients. *Nefrologia: publicacion oficial de la Sociedad Espanola Nefrologia*, v. 35, n. 4, p. 385-394, 2015.

SINGHAL, A. *et al.* Arterial Oxygen Saturation: A Vital Sign? **Niger J Clin Pract.**, v. 26, n. 11, p. 1591-1594, 2023.

SBC. Diretriz de Hipertensão Arterial, 2025. **Arq Bras Cardiol.**, v. 122, n. 9, e20250624, 2025.

SBN. **O que significa Tratamento Conservador da Doença Renal Crônica?** 2021. Disponível em: <https://www.sbn.org.br/orientacoes-e-tratamentos/tratamentos/tratamento-conservador/>. Acesso em: 13 dez. 2021.

SBN. **Censo de Diálise 2023.** São Paulo: SBN, 2024.

SONG, W.J.; SOHNG, K.Y. Effects of Progressive Resistance Training on Body Composition, Physical Fitness and Quality of Life of Patients on Hemodialysis. **Journal of Korean Academy of Nursing**, v. 42, n. 7, p. 947-56, 2012.



SOTO, M.J; MONREAL, M. Níveis de dímero D no tromboembolismo venoso. **Clínica Médica**, v. 124, n. 19, p. 749-53, 2005.

SOUSA, V.A. *et al.* Sarcopenic Obesity in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. **Front Endocrinol**, v. 11, p. 558271, 2020.

SOUZA, J.V. A. **Relação da preferência e tolerância da intensidade do exercício físico com a percepção de prazer e percepção de esforço em uma sessão aguda de exercício aeróbio em intensidade moderada.** 27f. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2022.

SU, Y. *et al.* Effects of blood flow restriction training on muscle fitness and cardiovascular risk of obese college students. **Front Physiol.**, v. 14, p. 1252052, 2024.

SUBASHRI, M. *et al.* Rhabdomyolysis-associated Acute Kidney Injury. **Indian J Nephrol.**, v. 33, n. 2, p. 114-118, 2023.

SUN, L. Effects of blood flow restriction training on anthropometric and blood lipids in overweight/obese adults: Meta-analysis. **Front Physiol.**, v. 13, p. 1039591, 2022.

SYED-ABDUL, M. M. Benefits of resistance training in older adults. **Current Aging Science**, v. 14, n. 1, p. 5-9, 2021.

TAKARADA, Y. *et al.* Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. **J Appl Physiol.**, v. 88, n. 6, p. 2097-106, 2000.

TORCHIANO, M. **Effsize**: Efficient Effect Size Computation. R package version 0.8.1, 2020. Disponível em: <https://cran.r->



-project.org/web/packages/effsize/effsize.pdf. Acessado em 05 março 2026.

TOYAMA, K. *et al.* Exercise therapy correlates with improving renal function through modifying lipid metabolism in patients with cardiovascular disease and chronic kidney disease. **J Cardiol.**, v. 56, n. 2, p. 142–6, 2010.

VAN HUFFEL, L. *et al.* Dietary restriction and exercise for diabetic patients with chronic kidney disease: a systematic review. **PLoS One**, v. 9, n. 11, e113667, 2014.

VIEIRA, E.P.L. *et al.* Reprodutibilidade do teste de 10 repetições máximas em idosas. **Acta Fisiátr.**, v. 29, n. 3, p. 184-9, 2022.

VIEIRA, E.P.L. *et al.* Reprodutibilidade do teste de força de 10 RM em jovens universitárias. **RBPFEF - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 14, n. 94, p. 1014-1023, 2020.

VONDENHOFF, S.; SCHUNK, S.J.; NOELS, H. Increased cardiovascular risk in patients with chronic kidney disease. **Herz**, v. 49, n. 2, p. 95-104, 2024.

WAN, H. *et al.* Associations between abdominal obesity indices and diabetic complications: Chinese visceral adiposity index and neck circumference. **Cardiovasc Diabetol.**, v. 19, n. 1, p. 118, 2020.

WEDELL-NEERGAARD, A.S. *et al.* Exercise-Induced Changes in Visceral Adipose Tissue Mass Are Regulated by IL-6 Signaling: A Randomized Controlled Trial. **Cell Metab.**, v. 29, n. 4, p. 844-855.e3, 2019.



WESTCOTT, W.L. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. **Curr Sports Med Rep.**, v. 11, n. 4, p. 209-16, 2012.

WILUND, K.; THOMPSON, S.; BENNET, P.P. A Global Approach to Increasing Physical Activity and Exercise in Kidney Care: The International Society of Renal Nutrition and Metabolism Global Renal Exercise Group. **Journal of Renal Nutrition**, v. 29, n. 6, p. 467-470, 2019.

WEI, S. *et al.* Sarcopenic obesity: epidemiology, pathophysiology, cardiovascular disease, mortality, and management. **Front Endocrinol**, v. 14, p. 1185-221, 2023.

WILKINSON, T. J. *et al.* Advances in exercise therapy in predialysis chronic kidney disease, hemodialysis, peritoneal dialysis and kidney transplantation. **Current Opinion in Nephrology and Hypertension**, v. 29, n. 5, p. 471-479, 2020.

YAMAMOTO, R. *et al.* Efficacy of aerobic exercise on the cardiometabolic and renal outcomes in patients with chronic kidney disease: a systematic review of randomized controlled trials. **J Nephrol.**, 34, n. 1, p. 155-164, 2021.

YING, M. *et al.* Disease Burden and Epidemiological Trends of Chronic Kidney Disease at the Global, Regional, National Levels from 1990 to 2019. **Nephron.**, v. 148, n. 2, p. 113-123, 2024.

ZHANG, L. *et al.* Exercise therapy improves eGFR, and reduces blood pressure and BMI in no-dialysis CKD patients: evidence from a meta-analysis. **BMC Nephrology**, v. 20, p. 398, 2019.



ZHANG, L.; GUO, Y.; MING, H. Effects of Hemodialysis, Peritoneal Dialysis and Renal Transplantation on the Quality of Life of Patients with End-stage renal disease. **Rev Assoc Med Bras.**, v. 66, n. 9, p. 1229-1234, 2020.

ZHANG, L.; XU, F.; HOUL, IL. 6 and diabetic kidney disease. **Front Immunol.**, v. 15, p. 1465-625, 2024.

ZHANG, C.S. *et al.* Fructose-1,6-bisphosphate and aldolase mediate glucose sensing by AMPK. **Nature**, v. 548, n.7665, p. 112-116, 2017.

ZHU, C. *et al.* Exercise-Mediated Skeletal Muscle-Derived IL-6 Regulates Bone Metabolism: A New Perspective on Muscle-Bone Crosstalk. **Biomolecules**, v. 15, n. 6, p. 893, 2025.

ZHU, Z. *et al.* Transition of acute kidney injury to chronic kidney disease: role of metabolic reprogramming. **Metabolism**, v. 131, p. 155-194, 2022.

ZIMMERMANN, S. *et al.* Fat tissue quantity, waist circumference or waist-to-hip ratio in patients with chronic kidney disease: A systematic review and meta-analysis. **Obes Res Clin Pract.**, v. 18, n. 2, p. 81-87, 2024.



ÍNDICE REMISSIVO

A

Albuminuria, [35-36](#)

Aldolase, [24](#), [25](#), [29](#), [111-113](#), [116-117](#), [119](#), [122](#), [127](#), [152](#), [168](#), [185](#)

Atividade física, [10](#), [12](#), [14](#), [16](#), [19](#), [32](#), [37-40](#), [60-62](#), [78](#), [90](#), [107](#), [131-132](#), [146](#), [156](#), [158](#), [160](#), [172](#)

B

Bioquímico, [11](#), [25](#), [48-49](#), [51](#), [84](#), [105](#)

C

Capacidade funcional, [20](#), [41](#), [79](#), [92](#), [147](#)

Carga de treinamento, [25-27](#), [92-97](#), [99-100](#)

Creatinina, [33-36](#)

CPK, [16](#), [24-25](#), [29](#), [111-113](#), [116-117](#), [119-125](#), [127](#), [152](#), [179](#)

D

Diabetes mellitus, [7](#), [68](#), [171](#), [175](#)

Dímero D, [24](#), [115](#), [121](#), [125](#), [127](#), [182](#)



Doença renal crônica, [4](#), [30](#), [48](#), [52-53](#), [155](#), [159-160](#), [167-169](#), [171](#), [175-176](#)

Dor, [3](#), [5](#), [7](#), [9](#), [12-13](#), [16-18](#), [20-25](#), [29-30](#), [33](#), [35-38](#), [41](#), [48](#), [52](#), [55-56](#), [64](#), [67-69](#), [78](#), [80](#), [82-83](#), [85](#), [88](#), [103](#), [111-115](#), [120-124](#), [126](#), [128](#), [131-153](#), [156](#), [158](#), [171](#), [174](#), [181](#)

E

Estado nutricional, [67](#)

Estágio [3](#), [4](#), [7](#), [12-14](#), [53](#), [60](#), [120](#), [123](#), [153](#)

Estatística, [27](#), [63](#), [75](#), [94-95](#), [100](#), [104](#), [107](#), [136](#), [138-139](#), [145](#)

Exercício físico, [1-185](#) (amplamente distribuído ao longo da obra)

F

Fadiga, [5](#), [9](#), [11-13](#), [16](#), [20](#), [29](#), [41](#), [51-52](#), [128-150](#), [152](#), [156-157](#), [169](#)

Fístula arteriovenosa (FAV), [11-12](#), [36](#), [47-48](#), [102](#)

Força muscular, [6](#), [11](#), [13](#), [16](#), [26](#), [29](#), [40-42](#), [46-47](#), [55](#), [63](#), [69-76](#), [79](#), [83-85](#), [90](#), [92-97](#), [99](#), [101](#), [103-105](#), [108](#), [110](#), [115-127](#), [132-151](#)

Fragilidade, [1-2](#), [5](#), [9](#), [29](#), [47](#), [78](#), [128](#), [152](#)

Função renal, [6-7](#), [12-13](#), [31-36](#), [52-54](#), [150](#)

G

Glicemia, [17](#), [37](#), [81](#), [84](#)



H

Hemodiálise, [7, 12, 30, 36, 47, 49, 144, 156, 176](#)

Hemodinâmico, [21, 31, 101, 103-104, 108, 125](#)

Hipertensão arterial, [7, 68, 86, 160, 180-181](#)

Hipóxia, [11, 46, 50, 82, 124](#)

I

IL-[6, 16-17, 24, 29, 68-69, 71-72, 76-77, 82-83, 85, 126, 129-130, 151, 159, 166, 175, 183, 185](#)

Índice de massa corporal, [16, 76, 89](#)

Índice tornozelo-braquial (ITB), [15, 21-22](#)

Inflamação, [4, 8, 24, 31, 61, 67, 79, 114, 123](#)

Intervenção, [13-27, 53-54, 86-87, 111-112, 128-129, 150](#)

Insuficiência renal, [34](#)

Isquemia, [11, 46, 49, 82](#)

L

Lesão muscular, [5, 13, 16-17, 24, 29, 52, 111, 115-116, 119-120, 152](#)

M

Massa gorda, [70-72, 76, 79, 85](#)

Massa magra, [6, 8, 10, 69, 71, 76, 82, 91, 135](#)

Metabólitos, [9, 33, 52, 69](#)



O

Obesidade, [8, 37, 71](#)

Oclusão vascular, [42, 45, 124](#)

P

Percepção subjetiva de esforço (PSE), [17, 18, 26-27, 95, 98](#)

Peso corporal, [10, 23, 76](#)

Pressão arterial, [15-16, 21-22, 29, 37, 41, 48-49, 61-62, 86-87, 90, 93-94, 96-97, 125, 152, 160-161](#)

Pressão arterial de insonação, [22](#)

Pressão de pulso, [29, 94-97, 152](#)

Proteinúria, [31, 33, 35](#)

Q

Qualidade de vida, [9, 41, 129, 147](#)

R

Rabdomiólise, [11, 124](#)

Restrição de fluxo sanguíneo, [4, 7-185](#) (tema central da obra)

Rigidez arterial, [60, 89, 106, 167](#)



S

Sarcopenia, [5, 8-9, 13, 19-20, 24, 29, 41, 52, 82-83, 114, 128-150, 152, 163-164, 169, 174, 179](#)

Saturação de oxigênio, [21, 29, 93-94, 96, 101, 103](#)

Sobrepeso, [8, 37, 71](#)

T

Taxa de filtração glomerular, [32, 60](#)

Tratamento conservador, [7, 68, 82, 131-132, 149-150, 153, 171, 181](#)

Treinamento aeróbico, [102](#)

Treinamento de força muscular, [13, 29, 40, 55, 63, 69, 71, 73-76, 93-99, 110, 115-127, 133-150](#)

Treinamento físico, [15-16, 49, 56, 78, 81, 84, 150, 162, 174](#)

Trombose, [5, 9, 13, 29, 111, 114-120, 124](#)

V

Vasoconstrição, [8, 49](#)

Vasodilatação, [47, 82, 103](#)

Vasos sanguíneos, [8, 31, 50, 82, 111, 123](#)



A Edufal não se responsabiliza por possíveis erros relacionados às revisões ortográficas e de normalização (ABNT). Elas são de inteira responsabilidade dos/as autores/as.



Antonio Filipe Pereira Caetano é professor titular do Instituto de Educação Física e Esporte (IEFE) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Graduado em História (2000) e Educação Física (2019); mestre em História (2003) e Ciências Médicas (2022); e doutor em História (2008) e Educação Física (2026). Membro do Global Renal Exercise (GREX), Grupo de Estudos em Nefrologia Interdisciplinar de Alagoas (GENIAL/UFAL) e do Laboratório de Cineantropometria (LABOCINE/UFPB). Email: filipe.caetano@iefe.ufal.br.



Maria do Socorro Cirilo-Sousa é professora do curso de Educação Física da Universidade Regional do Cariri (URCA) e docente do Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física da Universidade Federal de Paraíba (UFPB) e Universidade de Pernambuco (UPE). É graduada (1982), mestre (1997), doutora (2001) e pós-doutora (2010; 2025) em Educação Física. Vice-líder do Laboratório de Cineantropometria (LABOCINE/UFPB) e líder do Laboratório de Cineantropometria e Desempenho Humano (LABCINDH/URCA). Email: socorro.cirilo@urca.br.

ISBN 978-65-5624-523-2



9 786556 245232