

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

HELOI AVELINO DA SILVEIRA

EXERCÍCIO FÍSICO EM PACIENTES COM INJÚRIA RENAL AGUDA: UM
PROJETO PILOTO DE VIABILIDADE, RANDOMIZADO E
CONTROLADO

Dissertação apresentada como requisito
para a obtenção do Título de Mestre em
Ciências da Saúde pelo Programa de
Pós-Graduação em Ciências da Saúde
da Universidade de Brasília.

Área de Concentração: Farmacologia
Toxicologia e Produtos Naturais

Linha de Pesquisa: Antiagregantes plaquetários

Orientador (a): LIVIA CRISTINA LIRA DE SA BARRETO

BRASÍLIA

2025

HELOI AVELINO DA SILVEIRA

EXERCÍCIO FÍSICO EM PACIENTES COM INJÚRIA RENAL AGUDA: UM PROJETO
PILOTO DE VIABILIDADE, RANDOMIZADO E CONTROLADO

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Ciências da Saúde pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Aprovado em 25 de Novembro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. IZABEL CRISTINA RODRIGUES DA SILVA
Instituição: Universidade de Brasília
Presidente

Prof^ª. Dr^ª. DANIELA CASTILHO ORSI
Instituição: Universidade de Brasília
Membro

Prof^ª. Dr^ª. JOYCE SILVA DOS SANTOS
Instituição: Universidade Federal do ABC
Membro

Prof^ª. Dr^ª. GEISA NASCIMENTO BARBALHO
Instituição: Universidade de Brasília
Membro (Suplente)

Dedico este trabalho a minha esposa Eline e filha Sophia Valentina, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e compreendendo os momentos de ausência, estendo ainda ao amigo Diego Borges, que ajudou e incentivou a tornar esse momento possível.

AGRADECIMENTOS

À Profª Drª Livia Cristina Lira de Sá Barreto pela atenção e apoio durante o processo de definição e orientação. À Faculdade de Ciências em Saúde da Universidade de Brasília, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado. À Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos - FINATEC pela concessão da bolsa de mestrado.

RESUMO

Silveira, H. A. **EXERCÍCIO FÍSICO EM PACIENTES COM INJÚRIA RENAL AGUDA: UM PROJETO PILOTO DE VIABILIDADE, RANDOMIZADO E CONTROLADO.** 2025. 24 folhas. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Ciências da Saúde. Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2025.

Introdução: A prática de exercícios físicos pode ser benéfica para a saúde do sistema renal, pois pode melhorar o processo inflamatório dos rins. O objetivo foi analisar evidências sobre os efeitos anti-inflamatórios e suas implicações na prevenção e recuperação da função renal na Injúria Renal Aguda, bem como a redução de complicações durante a hospitalização. **Metodologia:** A pesquisa foi realizada com pacientes que desenvolveram injúria renal aguda entre dezembro de 2023 a dezembro de 2024 em um hospital privado de Brasília-DF. Trata-se de um estudo randomizado e controlado, onde os pacientes do grupo de intervenção foram submetidos a um programa terapêutico com exercício aeróbico e os pacientes do grupo controle receberam cuidados habituais de rotina da unidade de terapia intensiva. Na análise estatística, o teste Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar a normalidade dos dados. A estatística descritiva e de frequência foram utilizadas para descrever as características sociodemográficas e clínicas da amostra, sendo apresentadas como média e desvio padrão através do teste t de Student ou U de Mann-Whitney. **Resultados:** O total de 18 pacientes foram incluídos no estudo. A idade média da população estudada foi (73: 65;80 p=0,873), o sexo feminino representou 50% da população, as comorbidades de maior incidência foram: hipertensão, diabetes e dislipidemia. Cerca de 94% da população foi incluída no estudo no estágio 1 da Injúria Renal Aguda. Todos os pacientes que participaram do programa terapêutico tiveram recuperação total ou parcial da função renal, 14% do grupo que recebeu os cuidados habituais necessitaram de terapia renal substitutiva com hemodiálise, e 21% desse grupo evoluiu à óbito. **Conclusão:** O estudo demonstrou que é possível, através de algumas modificações, aplicar o protocolo em seres humanos em grande escala devido a observação de resultados positivos na prática de exercícios físicos como auxílio para tratamento de injúria renal aguda.

Palavras-chave: Injúria Renal Aguda; Exercício Físico; Hospitalização.

Introduction: Physical exercise can be beneficial for the health of the renal system, as it can improve the inflammatory process of the kidneys. The objective was to analyze evidence on the anti-inflammatory effects and their implications in the prevention and recovery of renal function in Acute Kidney Injury, as well as the reduction of complications during hospitalization. **Methodology:** The research was carried out with patients who developed acute kidney injury (AKI) between December 2023 and December 2024 in a private hospital in Brasília-DF. This is a randomized and controlled study, where patients in the intervention group underwent a therapeutic program with aerobic exercise and patients in the control group received usual routine care in the intensive care unit (ICU). In statistical analysis, the Shapiro-Wilk test was used to assess data normality. Descriptive and frequency statistics were used to describe the sociodemographic and clinical characteristics of the sample, being presented as mean and standard deviation using the Student t test or Mann-Whitney U test. **Results:** A total of 18 patients were included in the study. The average age of the studied population was (73: 65;80 p=0.873), females represented 50% of the population, the high incidence comorbidities were: hypertension, diabetes and dyslipidemia. About 94% of the population was included in the study at stage 1 AKI.

All patients who participated in the therapeutic program had total or partial recovery of renal function. 14% of the group that received usual care required renal replacement therapy (RRT) with hemodialysis (HD), and 21% of this group died. **Conclusion:** The study demonstrated that it is possible, through some modifications, to apply the protocol to humans on a large scale due to the observation of positive results in the practice of physical exercises as an aid in the treatment of acute kidney injury.

Keywords: Acute Kidney Injury; Physical Exercise; Hospitalization.

Introducción: Practicar ejercicio físico puede ser beneficioso para la salud del sistema renal, ya que puede mejorar el proceso inflamatorio en los riñones. El objetivo fue analizar la evidencia sobre los efectos antiinflamatorios y sus implicaciones en la prevención y recuperación de la función renal en la Injuria Renal Aguda, así como la reducción de complicaciones durante la hospitalización. **Metodología:** La investigación se realizó con pacientes que desarrollaron lesión renal aguda (LRA) entre diciembre de 2023 y diciembre de 2024 en un hospital privado de Brasilia-DF. Se trata de un estudio aleatorizado y controlado, donde los pacientes del grupo de intervención se sometieron a un programa terapéutico con ejercicio aeróbico y los pacientes del grupo control recibieron atención rutinaria en la unidad de cuidados intensivos (UCI). En el análisis estadístico se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos. Se utilizaron estadísticas descriptivas y de frecuencia para describir las características sociodemográficas y clínicas de la muestra, presentadas como media y desviación estándar mediante la prueba t de Student o la prueba U de Mann-Whitney. **Resultados:** Se incluyeron en el estudio un total de 18 pacientes. La edad promedio de la población estudiada fue (73:65;80 $p=0,873$), el sexo femenino representó el 50% de la población, las comorbilidades más prevalentes fueron: hipertensión, diabetes y dislipidemia. Aproximadamente el 94% de la población incluida en el estudio se encontraba en estadio 1 de IRA. Todos los pacientes que participaron en el programa terapéutico tuvieron recuperación total o parcial de la función renal. El 14% del grupo que recibió atención habitual requirió terapia de reemplazo renal (TRR) con hemodiálisis (HD) y el 21% de este grupo falleció. **Conclusión:** El estudio demostró que es posible, a través de algunas modificaciones, aplicar el protocolo en humanos a gran escala debido a la observación de resultados positivos en la práctica de ejercicios físicos como coadyuvante en el tratamiento de la lesión renal aguda.

Palabras clave: Lesión Renal Aguda; Ejercicio físico; Hospitalización.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escala de Brog adaptada	23
Figura 2 – Fluxograma do estudo	24
Figura 3 – Diagrama da Randomização	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Principais comorbidades associadas a IRA.....	26
Tabela 2-Características demográficas e antropométricas.....	26
Tabela 3-Variáveis relacionadas ao tempo de internação	26
Tabela 4-Correlação do estágio da IRA KDIGO 1 e 2 com desfecho	27
Tabela 5-Comparativo de creatinina de admissão X de alta hospitalar no Grupo Controle.....	27
Tabela 6-Comparativo de creatinina de admissão X de alta hospitalar no Grupo Intervenção...	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEP	Comitê de ética e pesquisa
DM	Diabetes mellitus
DAC	Doença arterial coronariana
DPOC	Doença pulmonar obstrutiva crônica
EUA	Estados Unidos da América
FC	Frequência cardíaca
HAS	Hipertensão arterial sistêmica
IBM	International Business Machines Corporation
ICESP	Centro Universitário
IMC	Índice de massa corporal
IRA	Injúria Renal Aguda
IRC	Insuficiência renal crônica
ND	Nefropatia Diabética
PAD	Pressão arterial diastólica
PAS	Pressão arterial sistólica
SPSS	Statistical Package for the Social Science
TFG	Taxa de filtração glomerular
TRS	Terapia renal substitutiva
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

LISTA DE SÍMBOLOS

≥	Maior ou igual
<	Menor que
%	Porcentos
mg/dL	Miligramas por decilitro
ml/Kg/h	Mililitro / quilograma / hora
SpO2	Saturação de oxigênio no sangue

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
4 METODOLOGIA	22
4.1 AMOSTRAGEM.....	22
4.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	22
4.3 RANDOMIZAÇÃO.....	22
4.4 PROTOCOLO EXPERIMENTAL.....	22
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
4.6 COMITÊ DE ÉTICA E CONSENTIMENTO	24
5 RESULTADOS	25
6 DISCUSSÃO	28
7 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	30
ANEXOS	35

1 INTRODUÇÃO

A lesão renal representa uma condição clínica na qual os rins não conseguem desempenhar suas funções básicas de filtração, excreção e homeostase hidroeletrolítica. Caracteriza-se pela diminuição da taxa de filtração glomerular (TFG), podendo manifestar-se como injúria renal aguda (IRA), quando ocorre de forma súbita e rápida, ou como insuficiência renal crônica (IRC), quando apresenta evolução lenta, progressiva e irreversível.[1]

A IRA tornou-se um problema de saúde pública global, afetando aproximadamente 13 milhões de pessoas anualmente e contribuindo para cerca de 2 milhões de mortes em todo o mundo.[2-3]

Em ambientes hospitalares, estudos recentes demonstraram que a incidência de IRA alcança 22% em adultos e 34% em crianças, com taxas ainda mais elevadas em unidades de terapia intensiva (UTI), onde mais da metade dos pacientes desenvolve algum grau de comprometimento renal. [3-4]

A fisiopatologia da IRA envolve múltiplos mecanismos moleculares e celulares interconectados, incluindo estresse oxidativo, inflamação sistêmica e local, disfunção mitocondrial, apoptose celular e alterações na microcirculação renal.[5-6] O estresse oxidativo emerge como um dos principais mecanismos patogênicos, caracterizado pelo desequilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) e a capacidade antioxidante celular, levando à lesão de membranas, proteínas e DNA nas células tubulares renais.[5][7]

Concomitantemente, a resposta inflamatória exacerbada, mediada pela ativação de vias como NF- κ B (fator nuclear kappa B) e pela infiltração de células imunes (macrófagos, neutrófilos e linfócitos), perpetua o dano tecidual e compromete a recuperação renal.[8-9] A disfunção mitocondrial agrava este cenário ao reduzir a produção de ATP, comprometendo os processos energético-dependentes essenciais para a sobrevivência das células tubulares e contribuindo para a progressão da lesão. [10]

De particular importância clínica, a IRA não representa apenas um evento agudo isolado, mas constitui um importante fator de risco para o desenvolvimento de doença renal crônica (DRC), mesmo após aparente recuperação funcional inicial.[11-12] Esta transição de IRA para DRC ocorre através de processos de reparo mal-adaptativos, caracterizados por fibrose intersticial, deposição excessiva de matriz extracelular, atrofia tubular e perpetuação da

inflamação de baixo grau.[13-14]

Estudos epidemiológicos demonstram que pacientes que sobrevivem a um episódio de IRA apresentam risco 2,67 vezes maior de desenvolver DRC, 4,81 vezes maior de evoluir para doença renal terminal, e 1,80 vezes maior de mortalidade quando comparados a indivíduos sem história de IRA.[15-16] Fatores como gravidade e duração da IRA, episódios recorrentes, e presença de comorbidades como diabetes mellitus e hipertensão arterial sistêmica amplificam significativamente este risco de progressão.[11][15]

Dentre as comorbidades relacionadas à lesão renal, a hipertensão arterial sistêmica (HAS) apresenta-se como um dos principais fatores de base responsáveis pela morbimortalidade cardiovascular e renal em escala global, afetando desde pacientes sem diagnóstico prévio, com diagnóstico conhecido porém tratamento inadequado, ou mesmo em condições de ausência de tratamento, podendo gerar danos leves a severos em órgãos-alvo como cérebro, coração, rins e artérias.[9]

A HAS promove alterações hemodinâmicas renais, incluindo hipertensão glomerular, espessamento arterial e ativação do sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA), que perpetuam o dano vascular e aceleram o declínio da função renal.[9] Paralelamente, o diabetes mellitus configura-se como outra comorbidade com grande potencial em desencadear nefropatia, gerando a nefropatia diabética (ND), que tem como características a albuminúria persistente associada ao progressivo declínio da função renal.[10]

Esta condição afeta diretamente a estrutura renal, podendo gerar alterações no tecido mesangial, conseqüentemente afetando a função glomerular, evoluindo com fibrose intersticial e atrofia tubular, com infiltração por células imunes no rim lesionado que se encontra em estágios mais avançados.[10]

O ambiente hospitalar, especialmente as Unidades de Terapia Intensiva (UTI), constitui um cenário de alto risco para o desenvolvimento de IRA de origem nosocomial.[17-18] Estes ambientes são caracterizados pela exposição a diferentes tipos de microrganismos, procedimentos invasivos (ventilação mecânica, cateterização venosa central, cateterismo urinário), uso de medicamentos nefrotóxicos (antibióticos, anti-inflamatórios não esteroidais, contrastes radiológicos), e condições clínicas graves como sepse, choque e politrauma.[17][19]

Em pacientes críticos, a IRA associada à sepse representa aproximadamente metade de

todos os casos de IRA em UTI, desenvolvendo-se em cerca de 70% dos pacientes sépticos, frequentemente progredindo para estágios mais graves.[3][18] Estudos recentes identificaram como preditores independentes de IRA em UTI a ventilação mecânica invasiva, uso de vasopressores, balanço hídrico negativo e presença de hipertensão crônica prévia, destacando a complexidade multifatorial desta síndrome em ambientes de cuidados críticos.[2]

Diante deste cenário clínico desafiador e da limitação de opções terapêuticas farmacológicas efetivas para IRA, estratégias não-farmacológicas baseadas em modificações do estilo de vida, particularmente o exercício físico regular, têm emergido como intervenções promissoras tanto para prevenção quanto para tratamento e recuperação funcional renal.[8][20-21]

O exercício físico estruturado, caracterizado por atividade sistematizada com intensidade, duração e frequência previamente estabelecidas, demonstrou em estudos experimentais e clínicos a capacidade de modular positivamente diversos mecanismos fisiopatológicos envolvidos na IRA e na transição IRA-DRC.[8][21]

Evidências recentes de estudos pré-clínicos demonstram que o condicionamento com exercício aeróbico oferece proteção renal significativa contra IRA induzida por sepse, reduzindo marcadores de disfunção renal (ureia, creatinina, ácido úrico), melhorando a taxa de filtração glomerular, e aumentando as taxas de sobrevivência.[20][22]

Os mecanismos moleculares da renoproteção mediada pelo exercício físico envolvem múltiplos alvos terapêuticos que atuam sinergicamente para prevenir e atenuar a lesão renal.[20-21] Estudos de transcriptômica revelaram que o exercício promove reprogramação gênica abrangente, com modulação de vias essenciais incluindo: (1) ativação da via AMPK (proteína quinase ativada por AMP) que restaura a homeostase energética através do aumento da biogênese mitocondrial mediada por PGC-1 α e da oxidação de ácidos graxos via PPAR α /CPT1a; (2) regulação da via mTOR (alvo mecanístico da rapamicina) que controla a autofagia excessiva através da inibição do complexo ULK1-ATG13-FIP200; e (3) inibição da via NF- κ B através da dupla supressão das vias IL-1R1/TAK1 e TLR3/MyD88, reduzindo citocinas pró-inflamatórias como TNF- α , IL-1 β , IL-6 e IL-8.[20]

Adicionalmente, o exercício aumenta a expressão de óxido nítrico sintases endotelial e neuronal (eNOS e nNOS), melhora a integridade do glicocálice endotelial através do aumento de R-spondina 3 (RSPO3), estimula a produção de enzimas antioxidantes, e promove a secreção de

miocinas benéficas como irisina e IL-10.[21-24]

Em pacientes com DRC não-dialítica, programas de exercício aeróbico regular demonstraram benefícios clinicamente relevantes na função renal, com meta-análises evidenciando melhora significativa da TFG estimada (+2,16 mL/min/1,73m²), redução dos níveis de creatinina sérica, diminuição da proteinúria de 24 horas e redução da ureia sérica.[25,26,27]

Um estudo randomizado controlado de grande porte demonstrou que exercício moderado estruturado em idosos sedentários resultou em declínio significativamente mais lento da TFG e menor probabilidade de declínio rápido da função renal, com relação dose-resposta entre o nível de atividade física e a preservação da função renal.[25]

Os benefícios foram observados mesmo com aumentos modestos de atividade física, sugerindo que o exercício constitui uma intervenção não-farmacológica acessível, escalável e custo-efetiva que pode ser integrada ao manejo multidisciplinar de pacientes com risco ou história de lesão renal.[8][21][28]

Portanto, o presente estudo justifica-se pela necessidade de investigar sistematicamente os efeitos de protocolos de exercício físico como estratégia terapêutica para prevenção e tratamento da IRA, elucidando seus mecanismos de ação e estabelecendo parâmetros ótimos de prescrição (tipo, intensidade, duração e frequência) para maximizar a renoproteção nesta população.

2 OBJETIVOS

O estudo clínico foi necessário para demonstrar os efeitos protetores renal do exercício os quais têm sido observados em estudos experimentais em animais.

Os objetivos desse estudo piloto randomizado controlado são, primariamente, investigar-se-á a viabilidade, ou seja, a utilização do método e do procedimento para mais tarde utilizá-lo em um estudo de grande escala e gerar evidência para o cálculo amostral.

Secundariamente, avaliar os efeitos de um programa de reabilitação por meio do exercício físico na função renal, tempo de hospitalização e mortalidade em pacientes críticos com IRA.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A definição atual de injúria renal aguda (IRA) é baseada nos critérios estabelecidos pela Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), que são amplamente aceitos e utilizados na prática clínica. Segundo a KDIGO, a IRA é diagnosticada quando ocorre um aumento absoluto da creatinina sérica $\geq 0,3$ mg/dL ($\geq 26,5$ $\mu\text{mol/L}$) em até 48 horas, ou um aumento $\geq 1,5$ vezes o valor basal, presumido ou conhecido, ocorrido nos últimos 7 dias, ou ainda uma redução do volume urinário para $< 0,5$ mL/kg/h por pelo menos 6 horas.[29-30]

Esses critérios refletem alterações agudas na função renal, independentemente da etiologia, e são aplicáveis tanto em adultos quanto em crianças, com adaptações específicas para neonatos e pediatria.[31] A avaliação deve considerar o contexto clínico, histórico de exposição a nefrotóxicos, e fatores de risco como sepse, choque, ou obstrução urinária.[32-33]

A creatinina sérica é o marcador funcional mais utilizado, embora tenha limitações relacionadas à variação individual, massa muscular e interferências medicamentosas. A oligúria, definida como redução do débito urinário, é um critério complementar, mas pode ser mascarada pelo uso de diuréticos ou outras condições clínicas.[31][34]

A aplicação simultânea dos critérios de creatinina e débito urinário aumenta a sensibilidade diagnóstica e permite melhor estratificação prognóstica, sendo recomendada pela KDIGO e validada em estudos multicêntricos.[29][35]

O estadiamento da IRA segue os critérios da KDIGO, que classificam a gravidade em três estágios, baseando-se em alterações da creatinina sérica e do débito urinário. O Estágio 1 é definido por aumento da creatinina sérica de 1,5 a 1,9 vezes o valor basal ou $\geq 0,3$ mg/dL em até 48 horas, ou débito urinário $< 0,5$ mL/kg/h por 6 a 12 horas.[29-30][36]

O Estágio 2 corresponde a aumento da creatinina sérica de 2,0 a 2,9 vezes o valor basal, ou débito urinário $< 0,5$ mL/kg/h por ≥ 12 horas. O Estágio 3 é caracterizado por aumento da creatinina sérica ≥ 3 vezes o valor basal, ou creatinina $\geq 4,0$ mg/dL, ou necessidade de terapia renal substitutiva, ou débito urinário $< 0,3$ mL/kg/h por ≥ 24 horas, ou anúria por ≥ 12 horas.[29][36-37]

A classificação por estágios permite identificar pacientes com maior risco de complicações e orientar decisões terapêuticas, como início de terapia renal substitutiva. Estudos

mostram que a gravidade do estágio está diretamente relacionada ao prognóstico, incluindo mortalidade e recuperação renal.[35][37]

A aplicação cumulativa dos critérios de creatinina e débito urinário pode aprimorar a estratificação de risco, especialmente em pacientes críticos, e está associada a desfechos clínicos relevantes.[35]

A fisiopatologia da IRA é multifatorial e envolve mecanismos distintos conforme a etiologia: pré-renal, intrínseca (principalmente tubular) e pós-renal. Na IRA pré-renal, há redução do fluxo sanguíneo renal, levando à diminuição da filtração glomerular sem danos estruturais iniciais.[5] Na forma intrínseca, predominam lesões tubulares, como necrose tubular aguda, resultantes de isquemia, nefrotóxicas ou processos inflamatórios.[33][38]

O dano tubular envolve disfunção mitocondrial, estresse oxidativo, ativação de vias inflamatórias e apoptose celular. A resposta imune é bifásica, com infiltração inicial de neutrófilos e macrófagos pró-inflamatórios, seguida por ativação de mecanismos reparadores, que podem ser insuficientes, levando à fibrose e progressão para doença renal crônica. [38]

A obstrução pós-renal, por cálculos ou neoplasias, causa aumento da pressão intratubular e redução do fluxo urinário, podendo evoluir para lesão tubular se não corrigida rapidamente.[33] A persistência do insulto, seja isquêmico, tóxico ou obstrutivo, determina a extensão do dano e a possibilidade de recuperação funcional. A compreensão dos mecanismos celulares e moleculares da IRA é fundamental para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas e para o prognóstico dos pacientes.[33][38]

O tratamento da IRA é principalmente de suporte e visa corrigir a causa subjacente, otimizar o estado hemodinâmico e evitar complicações. A KDIGO recomenda avaliação e correção do volume intravascular, com uso de soluções cristaloides isotônicas em casos de hipovolemia, evitando sobrecarga hídrica.[29][39] O manejo inclui suspensão de agentes nefrotóxicos, ajuste de doses de medicamentos conforme função renal e monitorização rigorosa do balanço hídrico.[32][34]

Diuréticos de alça podem ser utilizados para controle de sobrecarga volêmica, mas não alteram o curso da IRA; seu uso é indicado apenas em pacientes com sinais de congestão.[34] Vasopressores podem ser necessários em situações de choque, com preferência por agentes que preservem a perfusão renal.[39]

A terapia renal substitutiva (diálise) é indicada em casos de refratariedade à terapia conservadora, acidose metabólica grave, hipercalemia, sobrecarga hídrica não controlada ou manifestações urêmicas. Não há evidência de benefício em iniciar diálise precocemente em todos os casos; a decisão deve ser individualizada.[29][39] A nutrição adequada e o controle glicêmico são componentes importantes do cuidado, e a consulta com nefrologista é recomendada em casos graves ou de etiologia indefinida.[29][32]

Os principais desfechos em pacientes com IRA incluem mortalidade, necessidade de terapia renal substitutiva, recuperação renal (completa ou parcial), progressão para doença renal crônica (DRC) e recorrência de episódios de IRA.[3][40] A gravidade do estágio da IRA está diretamente associada ao risco de morte e de eventos adversos renais. [31][35][37]

A recuperação renal pode ser completa (retorno da creatinina ao valor basal) ou parcial (melhora sem retorno ao basal), e a ausência de recuperação está associada a maior risco de DRC e necessidade de diálise crônica. Pacientes que sobrevivem à IRA apresentam risco aumentado de mortalidade a longo prazo, desenvolvimento de DRC e recorrência de IRA, especialmente nos primeiros anos após o evento.[3][40]

A presença de proteinúria após IRA é um marcador de pior prognóstico e está associada à progressão da DRC.[13] Além dos desfechos renais, há aumento do risco de eventos cardiovasculares, infecções e redução da qualidade de vida. A identificação precoce e o manejo adequado da IRA são essenciais para melhorar os desfechos e reduzir complicações a longo prazo.[3][40]

A prevenção da progressão para doença renal crônica (DRC) após um episódio de injúria renal aguda (IRA) envolve estratégias multifatoriais, com foco em monitorização, controle de fatores de risco e intervenções farmacológicas. O acompanhamento clínico estruturado é fundamental: a KDIGO recomenda reavaliação da função renal, proteinúria e pressão arterial em até três meses após o episódio de IRA, visando identificar resolução ou evolução para DRC.[3][31] O seguimento com nefrologista é indicado para pacientes com IRA grave, prolongada ou com fatores de risco adicionais.[31]

A otimização do controle pressórico é uma das principais intervenções. O alvo sugerido para pacientes com DRC e hipertensão é pressão arterial sistólica <120 mmHg, conforme evidências do SPRINT trial, que demonstrou redução de eventos cardiovasculares e progressão da DRC com esse controle.[41] O uso de inibidores do sistema renina-angiotensina-aldosterona

(IECA ou BRA) é recomendado para pacientes com albuminúria, pois há evidências de proteção contra progressão da DRC, inclusive após IRA.[12][41] Em pacientes com diabetes tipo 2 e DRC, a adição de inibidores de SGLT2 é indicada, pois estudos randomizados mostraram redução do risco de progressão renal e eventos cardiovasculares.[41] O finerenona, um antagonista não esteroide do receptor de mineralocorticoide, está aprovado pela FDA nos EUA para reduzir risco de progressão renal e eventos cardiovasculares em pacientes com DRC associada ao diabetes.[41][42]

A revisão de medicações é essencial, evitando nefrotóxicos como anti-inflamatórios não esteroidais e contrastes iodados, além de ajustar doses conforme função renal.[43] Estratégias de estilo de vida, como restrição proteica moderada (0,8 g/kg/dia em pacientes com eGFR <60 mL/min/1,73m²), controle glicêmico rigoroso e cessação do tabagismo, também contribuem para retardar a progressão da DRC.[41][44] A educação do paciente sobre sinais de deterioração renal e adesão ao seguimento são componentes críticos para o sucesso dessas intervenções.[3][45]

Por fim, modelos de cuidado multidisciplinar, uso de biomarcadores para estratificação de risco e integração de tecnologias digitais estão sendo avaliados para aprimorar o acompanhamento pós-IRA, embora ainda haja lacunas de evidência sobre o impacto dessas abordagens em desfechos de longo prazo.[3][45-46]

A discussão sobre estratégias para prevenir a progressão da injúria renal aguda (IRA) para doença renal crônica (DRC) inclui intervenções não farmacológicas, como a atividade física, que tem ganhado destaque devido aos seus efeitos benéficos sobre parâmetros renais e sistêmicos. O papel da atividade física na recuperação renal pós-IRA é relevante, pois a modulação de fatores inflamatórios, oxidativos e metabólicos pode contribuir para a preservação da função renal e redução do risco de evolução para DRC.[8][21]

Evidências observacionais e estudos de viabilidade sugerem que níveis mais elevados de atividade física após um episódio de IRA estão associados a melhor recuperação da função renal, com menores valores de creatinina sérica e maior taxa de recuperação do eGFR em até seis meses após o evento agudo.[47] Indivíduos mais ativos apresentam menor risco de persistência de disfunção renal, indicando que a atividade física pode ser um fator modificador de prognóstico. Embora ainda faltem ensaios clínicos randomizados de grande porte, os dados disponíveis apontam para uma associação positiva entre atividade física e recuperação renal pós-IRA.

Mecanicamente, o exercício moderado exerce efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios e anti-fibróticos, reduzindo marcadores de estresse oxidativo, citocinas inflamatórias e apoptose tubular, além de favorecer a regulação do sistema imune para um perfil menos lesivo ao tecido renal.[8][21] Esses mecanismos são fundamentais para limitar o dano residual e evitar a transição para DRC, especialmente em cenários de IRA induzida por isquemia, sepse ou nefrotoxinas.

As principais sociedades, como a *Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO)*, recomendam a promoção de atividade física regular e moderada para pacientes com DRC, com benefícios esperados também para aqueles em recuperação de IRA.[48] Recomenda-se pelo menos 150 minutos semanais de atividade física de intensidade moderada, ajustando o tipo e intensidade conforme limitações individuais.[49] A implementação de programas estruturados de exercício deve considerar avaliação funcional, segurança e acompanhamento multiprofissional, visando maximizar adesão e resultados clínicos.[50]

A atividade física exerce papel relevante na modulação da inflamação, do estresse oxidativo e da fibrose renal, mecanismos centrais na recuperação após injúria renal aguda (IRA). Evidências experimentais e translacionais indicam que o exercício moderado, ao contrário do exercício extenuante, favorece um perfil imunológico anti-inflamatório, reduz marcadores de apoptose e fibrose, e contribui para a preservação da função renal, criando um ambiente propício à recuperação tecidual e à prevenção da progressão para doença renal crônica.[8][20-21] O exercício extenuante, por sua vez, pode precipitar ou agravar a IRA, especialmente em contextos de desidratação, calor ou uso de anti-inflamatórios não esteroidais, sendo contraindicado nesse cenário.[8][28]

Entre os tipos de exercício, o exercício aeróbico (como caminhada e corrida) apresenta as evidências mais robustas de benefício para a função renal após IRA. Estudos experimentais demonstram que protocolos de exercício aeróbico regular promovem melhora significativa dos marcadores de função renal, como creatinina sérica, proteinúria e taxa de filtração glomerular estimada (eGFR), além de regular vias metabólicas e inflamatórias, incluindo AMPK, mTOR e NF- κ B.[20][26] Meta-análises em pacientes com doença renal crônica sugerem que sessões de exercício aeróbico com duração superior a 30 minutos, realizadas regularmente, são associadas a maior recuperação funcional renal, com destaque para modalidades como caminhada e corrida.[26] Esses benefícios são atribuídos à melhora do metabolismo energético, redução do estresse oxidativo e supressão de citocinas pró-inflamatórias.

O exercício de resistência (musculação, treinamento funcional) possui menos evidências diretas para IRA, mas é reconhecido por melhorar força muscular, capacidade funcional e qualidade de vida em pacientes com doença renal crônica.[50-51-52] O treinamento combinado (aeróbico + resistência) pode ser superior para aptidão cardiorrespiratória e funcionalidade em populações renais crônicas, embora faltem estudos específicos comparando diretamente essas modalidades na recuperação pós-IRA.[51-52] Em pacientes em diálise ou transplantados, o treinamento combinado mostrou ganhos em capacidade aeróbica e desempenho físico, mas os efeitos sobre parâmetros renais ainda são inconsistentes.

Quanto à prescrição, recomenda-se exercício moderado, individualizado, com progressão gradual e monitoramento clínico, conforme guias recentes de prática clínica.[28][50] Protocolos sugerem iniciar com atividades aeróbicas leves (caminhada, bicicleta ergométrica) de 20–30 minutos, 3–5 vezes por semana, aumentando gradualmente conforme tolerância e resposta clínica. Estudos de viabilidade e retrospectivos associam maior atividade física (medida por passos diários ou participação em programas de reabilitação) a melhor recuperação renal pós-IRA, especialmente em pacientes com comorbidades cardiovasculares.[47][53] No entanto, ainda não existem ensaios clínicos randomizados de grande porte que comparem diretamente diferentes modalidades de exercício (aeróbico versus resistência) na recuperação renal pós-IRA, sendo necessária pesquisa adicional para definição de protocolos ideais e recomendações personalizadas.[46-47]

Em síntese, exercício aeróbico moderado é a modalidade com maior evidência de benefício para recuperação renal após IRA, devendo ser prescrito de forma individualizada e progressiva, com monitoramento clínico rigoroso. O exercício de resistência pode ser incorporado para ganhos funcionais, mas faltam dados robustos sobre seu impacto direto na função renal pós-IRA. A implementação de programas estruturados de atividade física deve considerar avaliação multiprofissional e adaptação às limitações do paciente, enquanto se aguarda estudos comparativos que possam orientar a prescrição personalizada nessa população.[8][46]

4 METODOLOGIA

4.1 Amostragem

O estudo foi realizado em um hospital privado do Distrito Federal e conduzido através do rastreamento de pacientes que estiveram internados entre dezembro de 2023 a dezembro de 2024 e que desenvolveram IRA. Foi considerado IRA, aumento absoluto do nível de creatinina sérica de $\geq 0,3$ mg/dL após a internação dentro de 7 dias após a internação. Estratificamos os pacientes de acordo com os estágios KDIGO: 1) aumento da creatinina sérica de 1,5 para 1,9 vezes ou 0,3 mg/dL; 2) de 2,0 a 2,9 vezes; e 3) $\geq 3,0$ vezes o valor basal ou creatinina sérica $\geq 4,0$ mg/dL ou início de terapia renal substitutiva.

4.2 Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos no estudo pacientes admitidos em UTI de ambos os sexos com evento de IRA nos sete primeiros dias de internação e com idade >18 anos. Avaliação clínica/laboratorial foi feita na admissão identificando comorbidades e condição física.

Foram excluídos os pacientes com: i) doença renal crônica em diálise; ii) infarto agudo do miocárdio nos últimos 6 meses; iii) insuficiência cardíaca classe IV; iv) angina pectoris instável; v) doença neoplásica terminal ou qualquer outra condição que, na opinião dos médicos e pesquisadores, determinasse risco para o paciente; vi) restrição física e/ou osteomioarticular que o impeça de realizar a intervenção. Os pacientes acamados e sem condições de deambular também foram excluídos, além daqueles sedados em ventilação mecânica.

4.3 Randomização

Os pacientes foram distribuídos aleatoriamente por um indivíduo, através de software para randomização. Os pacientes foram alocados em dois grupos: intervenção e cuidados habituais. O grupo de intervenção participou de um programa terapêutico pragmático e sistematizado com exercício físico aeróbico. O grupo de cuidados habituais continuou recebendo cuidados padrão de rotina, que incluiu assistência fisioterapêutica não pragmática e sistematizada.

4.4 Protocolo experimental

O protocolo de intervenção englobou exercícios físicos terapêuticos pragmáticos e sistematizados realizados por equipe de Fisioterapeutas divididos em três fases: i) aquecimento; ii) condicionamento; e iii) volta à calma.

O aquecimento foi realizado durante 5 minutos e foi composto por exercícios respiratórios e cicloergômetro passivo de membros inferiores (20 repetições por minuto) com intensidade de 2-3 na escala de Borg adaptada.

Figura 1 – Escala de Brog adaptada

Escala de Brog Adaptada	
Escore	Intensidade percebida
0	Repouso
1	Demasiado leve
2	Muito leve
3	Muito leve – leve
4	Leve
5	Leve – moderado
6	Moderado
7	Moderado – intenso
8	Intenso
9	Muito intenso
10	Exaustivo

Fonte: adaptado do original

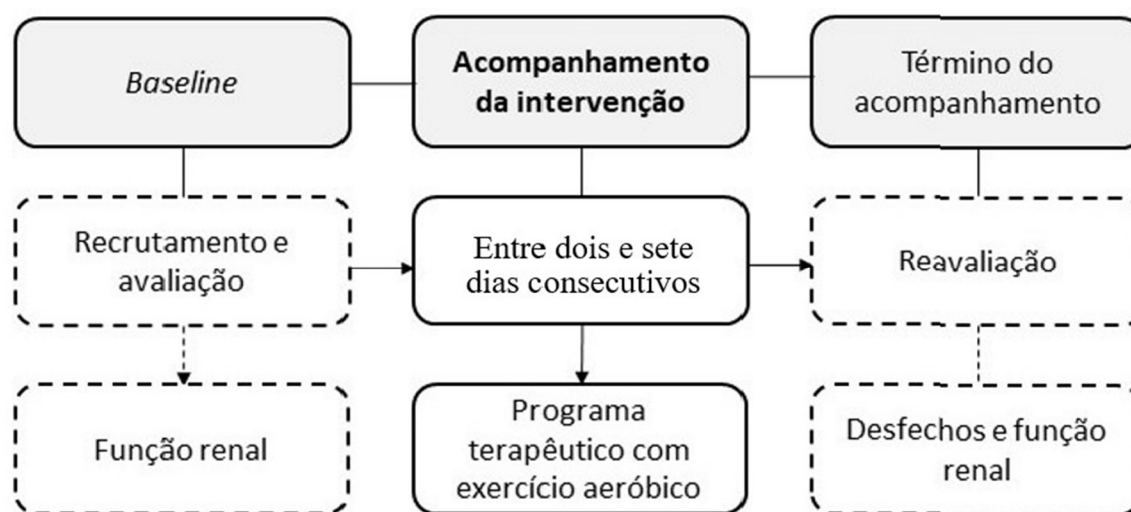
O condicionamento foi logo após o aquecimento, por meio da continuação do cicloergômetro de membros inferiores, porém, para os pacientes aptos, este foi aplicado de forma ativa, com duração de 20 minutos e intensidade 4-5 na escala de Borg.

Para a volta à calma, os pacientes tiveram que pedalar por 3 minutos, sem resistência, de forma passiva. Adicionalmente, exercícios de alongamento para os membros inferiores foram aplicados.

Os pacientes foram monitorados continuamente para a frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) e saturação de oxigênio (SpO2). Os critérios para suspender a intervenção no decorrer do estudo foram as incapacidades de realizar a atividade no seu pleno, complicações clínicas inerentes a intervenção ou qualquer outra manifestação que, na avaliação dos médicos e investigadores, ponha em risco o paciente.

As intervenções foram realizadas entre dois e sete dias consecutivos após o evento de IRA (Figura 2). Seguimos a declaração SPIRIT 2013 para descrever o protocolo [54] com pequenas adaptações, conforme recomendado pela declaração CONSORT [55]. No estudo, um paciente realizou a intervenção por dois dias, dois pacientes realizaram a intervenção por três dias, um paciente realizou a intervenção por quatro dias, e um paciente realizou a intervenção por seis dias.

Figura 2: Fluxograma do estudo.



Fonte: dados da pesquisa.

4.5 Análise estatística

A normalidade e homocedasticidade dos dados foram avaliados por meio do teste Shapiro-Wilk. As variáveis contínuas foram avaliadas com média com desvio padrão de acordo com a distribuição de dados. A análise descritiva e de frequência foram realizadas através do teste t de Student ou U de Mann-Whitney para descrever as características sociodemográficas e clínicas da amostra. A comparação entre os grupos para as análises relativas ao tempo também foi através do teste de Mann-Whitney. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SPSS, versão 26 (IBM Corp., Armonk, Nova Iorque, EUA).

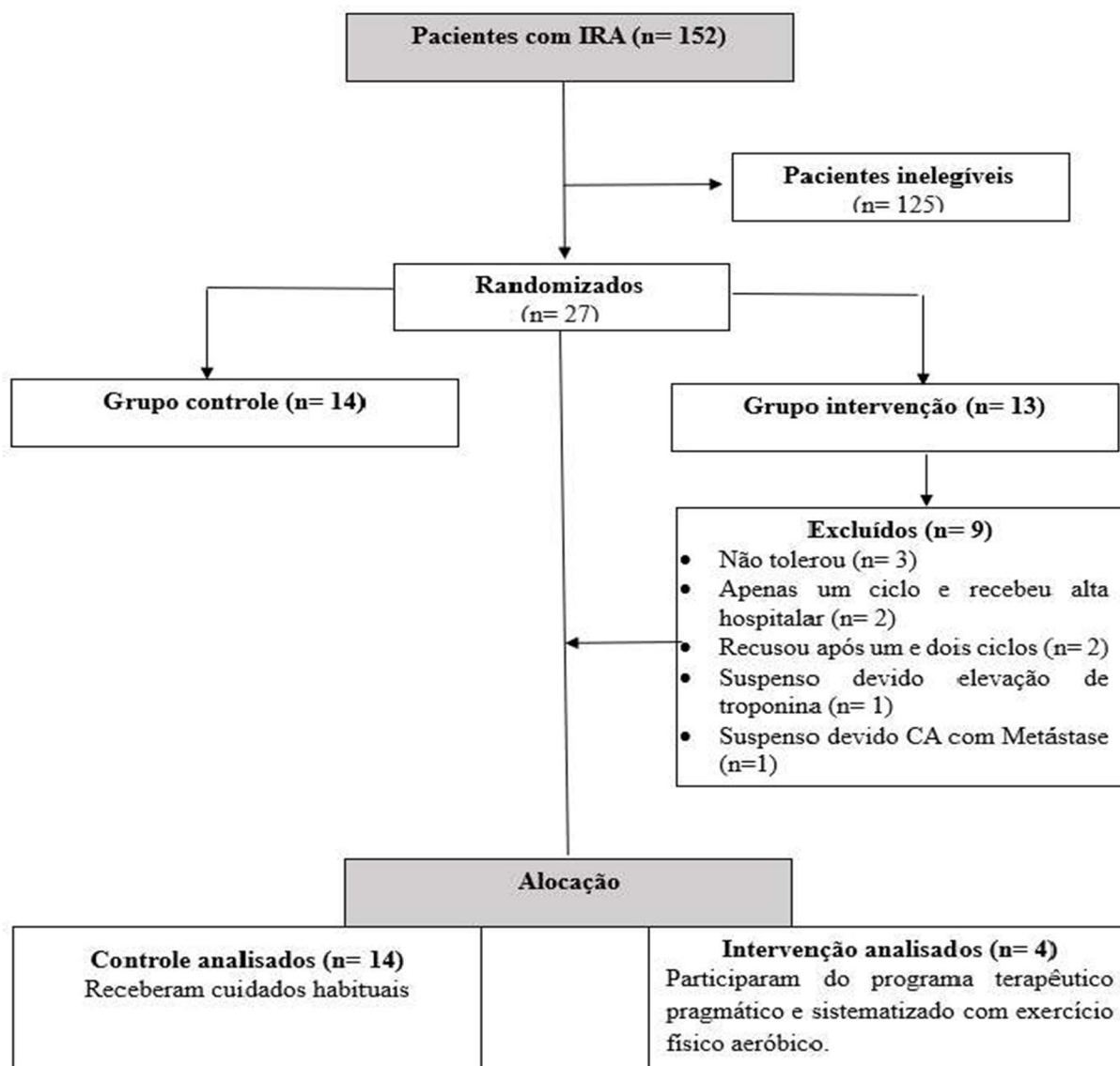
4.6 Comitê de ética e consentimento

A pesquisa está de acordo aos princípios éticos estabelecidos pela Norma Operacional nº 001/2013 do Conselho Nacional de Saúde e Resolução nº466, de 2012. O projeto de pesquisa foi submetido à apreciação do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) do Centro Universitário ICESP. O termo de consentimento foi aplicado para cada paciente antes de sua inclusão no protocolo.

5 RESULTADOS

No período de dezembro de 2023 a dezembro de 2024, o total de 152 pacientes desenvolveram IRA nos primeiros 7 dias de internação nas UTIs de um hospital privado do Distrito Federal, porém 125 pacientes foram excluídos em decorrência dos critérios de exclusão supracitados, permanecendo 27 pacientes elegíveis. Após o início do protocolo descrito do grupo de intervenção 9 pacientes foram excluídos do estudo devido alta hospitalar, não tolerância a atividade, solicitação do paciente para sair do estudo devido cansaço, câncer com metástase, e elevação de troponina, permanecendo 04 pacientes no grupo de intervenção e 14 pacientes no grupo controle, totalizando 18 pacientes no estudo, conforme descrito na figura a seguir.

Figura 3: Diagrama de randomização



Fonte: dados da pesquisa.

Em ambos os grupos, a hipertensão 72%, o diabetes mellitus 56%, e a dislipidemia 44%, foram as comorbidades de maior incidência, conforme apresenta a tabela 1, seguidos pelo câncer 28%, doença arterial coronariana 11%, e Doença pulmonar obstrutiva crônica 6%.

Tabela 1 – Principais comorbidades associadas à IRA.

Comorbidades	Cuidados Habituais (N=14)	Programa Terapêutico (N=4)	População Total (N=18)
DIABETES	8 (57%)	2 (50%)	10 (56%)
HIPERTENSÃO	9 (64%)	4 (100%)	13 (72%)
DAC	2 (14%)	–	2 (11%)
CÂNCER	4 (29%)	1 (25%)	5 (28%)
DPOC	1 (7%)	–	1 (6%)
DISLIPIDEMIA	4 (29%)	4 (100%)	8 (44%)

DAC- Doença arterial coronariana. DPOC - doença pulmonar obstrutiva crônica.

A idade média da população estudada foi (73: 65;80 p=0,873), o sexo feminino representou 50% da população, e o índice de massa corporal (IMC) médio de (28: 26;30).

Tabela 2 – Características demográficas e antropométricas

Variáveis	Cuidados Habituais (N=14)	Programa Terapêutico (N=4)	População Total (N=18)	P-valor
Idade	72 (62; 81)	77 (68; 85)	73 (65; 80)	0,873
IMC	28 (25; 30)	27 (20; 34)	28 (26; 30)	0,914
Sexo Feminino	8 (57%)	1 (25%)	9 (50%)	—
Sexo Masculino	6 (43%)	3 (75%)	9 (50%)	—

IMC – índice de massa corporal.

Na análise dos desfechos clínicos, observou-se que os pacientes com IRA em cuidados habituais tiveram maior período de internação na UTI (19: 3;34 p=0,749) e maior tempo de hospitalização (21: 6;35 p=0,394).

Tabela 3 – Variáveis relacionadas ao tempo de internação

Variáveis	Cuidados Habituais (N=14)	Programa Terapêutico (N=4)	População Total (N=18)	P-valor
Tempo de UTI	19 (3; 34)	11 (5; 20)	17 (5; 28)	0,749
Tempo de Hospitalização	21 (6; 35)	12 (6; 20)	19 (7; 30)	0,394

UTI – Unidade de Terapia Intensiva.

A IRA foi classificada de acordo com os estágios KDIGO, 94% dos pacientes foram incluídos no estudo já o início da alteração da função renal, estágio 1. No decorrer do acompanhamento de ambos os grupos, 14% do grupo que recebeu os cuidados habituais necessitaram de terapia renal substitutiva (TRS) com hemodiálise (HD), e 21% deste grupo evoluíram a óbito. Não houve mortalidade e/ou necessidade de TRS nos pacientes incluídos no programa terapêutico, conforme a tabela a seguir.

Tabela 4 – Correlação do estágio da IRA KDIGO 1 e 2 com desfecho.

Variáveis	Cuidados HabituaisN = 14	Programa TerapêuticoN = 4	População TotalN = 18
ESTÁGIO 1 IRA	13 (93%)	4 (100%)	17 (94%)
ESTÁGIO 2 IRA	1 (7%)	–	1 (6%)
DIÁLISE	2 (14%)	–	2 (11%)
MORTALIDADE	3 (21%)	–	3 (16%)

IRA-Injúria renal aguda.

Em relação ao desfecho das funções renais, todos os pacientes que participaram do programa de intervenção terapêutico receberam alta hospitalar com recuperação total ou parcial da função renal. Dos pacientes que receberam apenas cuidados habituais, 14,3% não conseguiram recuperar as funções renais, de acordo com a comparação do resultado da creatinina de admissão e alta hospitalar, conforme detalhado nas tabelas 4 (Grupo Controle) e 5 (Grupo Intervenção) a seguir.

Tabela 5 – Comparativo de Creatinina de admissão X de alta hospitalar no Grupo Controle

Pacientes	Creatinina de admissão (mg/dL)	Creatinina Alta Hospitalar (mg/dL)	Evolução
1	1,79	1,48	Melhora
2	2,82	2,11	Melhora
3	4,69	4,22	Melhora
4	2,73	4,87	Piora
5	2,42	2,45	Estável / leve piora
6	2,25	1,31	Melhora
7	3,19	1,25	Melhora
8	2,86	1,88	Melhora
9	2,89	1,32	Melhora
10	1,82	1,38	Melhora
11	2,02	1,65	Melhora
12	2,98	1,84	Melhora
13	4,18	1,99	Melhora
14	1,61	1,06	Melhora

Tabela 6 – Comparativo de Creatinina de admissão X de alta hospitalar no Grupo Intervenção

Pacientes	Creatinina de admissão (mg/dL)	Creatinina Alta Hospitalar (mg/dL)	Evolução
1	2,34	1,43	Melhora
2	2,16	1,93	Melhora
3	2,96	2,64	Melhora
4	3,71	2,99	Melhora

6 DISCUSSÃO

O estudo apresenta resultados que permitem identificar fatores basais associados a IRA, colaborando para análises sobre a relevância da atividade física em ambiente nosocomial assistida por equipe multidisciplinar, com destaque para a fisioterapia motora, como método de controle e prevenção de ultrajes aos pacientes.

Apresenta ainda, potencial para auxiliar como base na idealização de protocolos institucionais voltados à prática segura de atividades físicas monitoradas por profissionais qualificados, com foco na recuperação ou manutenção de função motora e condicionamento para auxílio na melhora da resposta clínica junto ao tratamento para IRA.

A condução clínica da IRA vai além de intervenções com fármacos para sua tratativa, uma vez que dentre suas características encontram-se multifatores causais, desde morbidades diversas a exposição de agentes nefrotóxicos, sejam medicamentos como antibióticos a compostos para exames como contrastes, tornando o tratamento complexo frente às possibilidades de rápidas complicações [56].

Alguns fatores mostram-se como potenciais de causa e agravo da IRA, como idade, medicamentos nefrotóxicos e comorbidades prévias como HAS e DM, estas com maior significância e presença nos casos associados a IRA, acompanhando agravo de diferentes causas de internação que precedem o quadro de injúria renal [57].

Durante o estudo observou-se que a Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) esteve presente de forma expressiva dentre os participantes, com uma média de 72% de acometimento dos pacientes. No grupo de cuidados habituais, 64% apresentavam o diagnóstico, enquanto 100% dos pacientes do grupo de intervenção tinham o diagnóstico de Hipertensão.

A síndrome metabólica tem relação importante e complexa com a patogênese da lesão renal, incluindo fatores como dislipidemia, hipertensão, processo inflamatório, resistência à insulina, obesidade e disfunção endotelial. O controle desses fatores mostra-se potencialmente significativo para melhoria dos quadros de depreciação da função renal, assim como para retardar a progressão da doença [54].

A Diabetes e a Dislipidemia, que também são comorbidades relatadas como potenciais fatores de alteração da função renal, apresentaram-se em menor intensidade, porém de maneira significativa durante a pesquisa, acometendo 56% dos pacientes no caso da Diabetes e 44% referente à Dislipidemia, reforçando os achados na literatura sobre o tema.

O estudo demonstrou (Tabela 2) que os pacientes inclusos no programa terapêutico, tiveram redução no tempo de permanência em leito de UTI, com uma média de 11 dias, e de hospitalização com média de 12 dias, ao se comparar às médias obtidas pelo grupo de pacientes em cuidados habituais, que apresentaram média de permanência em leito de UTI de 19 dias, e 21 dias de média de hospitalização, observa-se ganho de qualidade na melhora clínica e condicionamento, além da diminuição do tempo de permanência em unidade hospitalar.

Observou-se ainda, que a atividade física no presente estudo pode ter colaborado diretamente na manutenção e recuperação do quadro clínico voltado a lesão renal, conforme exposto nas tabelas 3 e 4, que demonstram que 100% dos pacientes permaneceram no Estágio 1 da IRA (Tabela 3), não havendo assim progressão da doença, além da apresentação do desfecho da creatinina representado na Tabela 4, que demonstra a recuperação total para 50% dos pacientes incluídos no programa terapêutico e parcial para os outros 50% do mesmo grupo.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo identificou resultados favoráveis quanto à redução dos valores de creatinina nos pacientes que conseguiram completar o programa terapêutico proposto, sugerindo um potencial benefício da intervenção fisioterapêutica motora no contexto da injúria renal aguda. Contudo, a principal dificuldade encontrada esteve relacionada à permanência dos pacientes no grupo intervenção, conforme evidenciado no diagrama de randomização, o que resultou em um número final limitado de participantes (n = 4).

Essa limitação amostral pode estar associada, entre outros fatores, à escolha do ambiente da Unidade de Terapia Intensiva como único local de acompanhamento, considerando a

gravidade clínica, a presença de múltiplas comorbidades e o manejo assistencial complexo, que impactaram diretamente a inclusão, adesão e continuidade dos pacientes no protocolo de intervenção. Tal achado ressalta a importância de um acompanhamento mais abrangente, com a possibilidade de extensão da aplicação do protocolo para o setor de enfermagem, permitindo maior tempo de seguimento e melhor adesão dos pacientes ao tratamento proposto.

Apesar dessas limitações, o estudo, enquanto projeto piloto, possibilitou avaliar a viabilidade da intervenção e evidenciou a necessidade de aprimoramento das estratégias de aderência, especialmente no que se refere ao cumprimento das sessões e da dose de intervenção prescrita. Dessa forma, os resultados observados apontam para o potencial da prática de exercícios físicos como estratégia adjuvante no manejo da injúria renal aguda, ao mesmo tempo em que indicam a necessidade de estudos futuros mais abrangentes, com maior número de participantes e ajustes metodológicos, a fim de gerar dados mais robustos e comparáveis que sustentem a aplicabilidade do protocolo em maior escala.

REFERÊNCIAS

1. White KC, Serpa-Neto A, Hurford R, et al. Sepsis-associated acute kidney injury in the intensive care unit: incidence, patient characteristics, timing, trajectory, treatment, and associated outcomes. *Intensive Care Med.* 2023;49(9):1079–1089. doi:10.1007/s00134-023-07138-0.
2. Ashine TM, Mekonnen MS, Heliso AZ, et al. Incidence and predictors of acute kidney injury among adults admitted to the medical intensive care unit of a comprehensive specialized hospital in central Ethiopia. *PLoS One.* 2024;19(6):e0304006. doi:10.1371/journal.pone.0304006.
3. Ostermann M, Lumlertgul N, Jeong R, et al. Acute kidney injury. *Lancet.* 2025;405(10474):241–256. doi:10.1016/S0140-6736(24)02385-7.
4. Hoste EA, Bagshaw SM, Bellomo R, et al. Epidemiology of acute kidney injury in critically ill patients: the multinational AKI-EPI study. *Intensive Care Med.* 2015;41(8):1411–1423. doi:10.1007/s00134-015-3934-7.
5. Rashid H, Jali A, Akhter MS, Abdi SAH. Molecular mechanisms of oxidative stress in acute kidney injury: targeting the loci by resveratrol. *Int J Mol Sci.* 2023;25(1):3. doi:10.3390/ijms25010003.
6. Wu CK, Wu CL, Lee TS, Kou YR, Tarng DC. Renal tubular epithelial TRPA1 acts as an oxidative stress sensor to mediate ischemia-reperfusion-induced kidney injury through MAPKs/NF- κ B signaling. *Int J Mol Sci.* 2021;22(5):2309. doi:10.3390/ijms22052309.

7. Wei W, Ma N, Fan X, Yu Q, Ci X. The role of Nrf2 in acute kidney injury: novel molecular mechanisms and therapeutic approaches. *Free Radic Biol Med.* 2020;158:1–12. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2020.06.025.
8. Costanti-Nascimento AC, Brelaz-Abreu L, Bragança-Jardim E, et al. Physical exercise as a friend not a foe in acute kidney diseases through immune system modulation. *Front Immunol.* 2023;14:1212163. doi:10.3389/fimmu.2023.1212163.
9. Ow CPC, Trask-Marino A, Betrie AH, et al. Targeting oxidative stress in septic acute kidney injury: from theory to practice. *J Clin Med.* 2021;10(17):3798. doi:10.3390/jcm10173798.
10. He J, Chen Y, Li Y, Feng Y. Molecular mechanisms and therapeutic interventions in acute kidney injury: a literature review. *BMC Nephrol.* 2025;26(1):144. doi:10.1186/s12882-025-04077-4.
11. Niculae A, Gherghina ME, Peride I, et al. Pathway from acute kidney injury to chronic kidney disease: molecules involved in renal fibrosis. *Int J Mol Sci.* 2023;24(18):14019. doi:10.3390/ijms241814019.
12. Yeh TH, Tu KC, Wang HY, Chen JY. From acute to chronic: unraveling the pathophysiological mechanisms of the progression from acute kidney injury to acute kidney disease to chronic kidney disease. *Int J Mol Sci.* 2024;25(3):1755. doi:10.3390/ijms25031755.
13. Ogbadu J, Singh G, Aggarwal D. Factors affecting the transition of acute kidney injury to chronic kidney disease: potential mechanisms and future perspectives. *Eur J Pharmacol.* 2019;865:172711. doi:10.1016/j.ejphar.2019.172711.
14. Wang Z, Zhang C. From AKI to CKD: maladaptive repair and the underlying mechanisms. *Int J Mol Sci.* 2022;23(18):10880. doi:10.3390/ijms231810880.
15. Veltkamp DMJ, Porras CP, Gant CM, et al. Long-term risks of adverse kidney outcomes after acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis. *Nephrol Dial Transplant.* 2025;gfaf093. doi:10.1093/ndt/gfaf093.
16. See EJ, Jayasinghe K, Glassford N, et al. Long-term risk of adverse outcomes after acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis. *Kidney Int.* 2019;95(1):160–172. doi:10.1016/j.kint.2018.08.036.
17. Alscher MD, Erley C, Kuhlmann MK. Acute renal failure of nosocomial origin. *Dtsch Arztebl Int.* 2019;116(9):149–158. doi:10.3238/arztebl.2019.0149.
18. Bellomo R, Kellum JA, Ronco C, et al. Acute kidney injury in sepsis. *Intensive Care Med.* 2017;43(6):816–828. doi:10.1007/s00134-017-4755-7.
19. Kaushal GP, Chandrashekar K, Juncos LA. Molecular interactions between reactive oxygen species and autophagy in kidney disease. *Int J Mol Sci.* 2019;20(15):3791. doi:10.3390/ijms20153791.

20. Wang X, Li Z, Liu C, et al. Multi-target renal protection in AKI: exercise-mediated coordination of AMPK, mTOR, and NF- κ B. *Free Radic Biol Med*. 2025;240:397–409. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2025.08.030.
21. Malheiro LFL, Fernandes MM, Oliveira CA, et al. Renoprotective mechanisms of exercise training against acute and chronic renal diseases. *Life Sci*. 2024;346:122628. doi:10.1016/j.lfs.2024.122628.
22. Xu QF, Zhang H, Zhao Y, et al. Increased R-spondin 3 contributes to aerobic exercise-induced protection against acute kidney injury. *Acta Physiol (Oxf)*. 2023;239(4):e14036. doi:10.1111/apha.14036.
23. Formigari GP, Dátalo MN, Vareda B, et al. Renal protection induced by physical exercise mediated by the irisin/AMPK axis. *Sci Rep*. 2022;12(1):9062. doi:10.1038/s41598-022-13054-y.
24. Ito D, Cao P, Kakihana T, et al. Chronic running exercise alleviates early progression of nephropathy in diabetic rats. *PLoS One*. 2015;10(9):e0138037. doi:10.1371/journal.pone.0138037.
25. Shlipak MG, Sheshadri A, Hsu FC, et al. Effect of structured moderate exercise on kidney function decline. *JAMA Intern Med*. 2022;182(6):650–659. doi:10.1001/jamainternmed.2022.1449.
26. Ma Q, Gao Y, Lu J, et al. Effect of regular aerobic exercise on renal function in CKD: systematic review. *Front Physiol*. 2022;13:901164. doi:10.3389/fphys.2022.901164.
27. Vanden Wyngaert K, Van Craenenbroeck AH, Van Biesen W, et al. Effects of aerobic exercise on eGFR in CKD. *PLoS One*. 2018;13(9):e0203662. doi:10.1371/journal.pone.0203662.
28. Becerra LA, Mansour SG. Exercise and kidney health: core curriculum 2026. *Am J Kidney Dis*. 2025. doi:10.1053/j.ajkd.2025.09.014.
29. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). Clinical practice guideline for acute kidney injury. *Kidney Int Suppl*. 2012.
30. American College of Radiology. ACR manual on contrast media. 2025.
31. Robinson CH, Iyengar A, Zappitelli M. Early recognition and prevention of AKI in children. *Lancet Child Adolesc Health*. 2023;7(9):657–670. doi:10.1016/S2352-4642(23)00105-0.
32. Mercado MG, Smith DK, Guard EL. Acute kidney injury: diagnosis and management. *Am Fam Physician*. 2019;100(11):687–694.
33. Turgut F, Awad AS, Abdel-Rahman EM. Acute kidney injury: medical causes and pathogenesis. *J Clin Med*. 2023;12(1):375. doi:10.3390/jcm12010375.
34. Jentzer JC, Bihorac A, Brusca SB, et al. Contemporary management of severe AKI. *J Am Coll Cardiol*. 2020;76(9):1084–1101. doi:10.1016/j.jacc.2020.06.070.

- 35.** Sutherland SM, Kaddourah A, Gillespie SE, et al. Cumulative application of KDIGO criteria. *Crit Care Med.* 2021;49(11):1912–1922. doi:10.1097/CCM.0000000000005073.
- 36.** Lala A, Coca S, Feinman J, et al. Standardized definitions of kidney function change. *J Am Coll Cardiol.* 2025;85(7):766–781. doi:10.1016/j.jacc.2024.11.041.
- 37.** Sparrow HG, Swan JT, Moore LW, et al. Outcomes within KDIGO stage 1 AKI. *Kidney Int.* 2019;95(4):905–913. doi:10.1016/j.kint.2018.11.030.
- 38.** Baker ML, Cantley LG. Tubulointerstitial responses in acute kidney injury. *J Clin Invest.* 2025;135(6):e188358. doi:10.1172/JCI188358.
- 39.** Tamargo C, Hanouneh M, Cervantes CE. Treatment of acute kidney injury. *J Clin Med.* 2024;13(9):2455. doi:10.3390/jcm13092455.
- 40.** Fresilli S, Labanca R, Losiggio R, et al. Long-term outcomes after AKI. *Crit Care Med.* 2025. doi:10.1097/CCM.0000000000006953.
- 41.** Song RM, Alexander JT, Prochaska M. Delaying progression of chronic kidney disease. *JAMA.* 2025;334(7):629–630. doi:10.1001/jama.2025.9532.
- 42.** FDA. Orange Book: approved drug products.
- 43.** Chawla LS, Eggers PW, Star RA, Kimmel PL. AKI and CKD as interconnected syndromes. *N Engl J Med.* 2014;371(1):58–66. doi:10.1056/NEJMra1214243.
- 44.** Kalantar-Zadeh K, Jafar TH, Nitsch D, et al. Chronic kidney disease. *Lancet.* 2021;398(10302):786–802. doi:10.1016/S0140-6736(21)00519-5.
- 45.** James MT, Bhatt M, Pannu N, Tonelli M. Long-term outcomes of AKI. *Nat Rev Nephrol.* 2020;16(4):193–205. doi:10.1038/s41581-019-0247-z.
- 46.** Ostermann M, Forni LG, Joannidis M, et al. Renal recovery after AKI. *Intensive Care Med.* 2025. doi:10.1007/s00134-025-08035-4.
- 47.** Asad A, Thomas A, Dungey M, et al. Physical activity and renal recovery after AKI. *BMC Nephrol.* 2022;23(1):140. doi:10.1186/s12882-022-02759-x.
- 48.** Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). Clinical practice guideline for diabetes management in CKD. 2022.
- 49.** Department of Veterans Affairs. Primary care management of chronic kidney disease. 2025.
- 50.** Wilkinson TJ, Tarca B, Lightfoot CJ, et al. Prescribing physical activity for people with CKD. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2025;20(6):876–888. doi:10.2215/CJN.0000000708.
- 51.** Kanbay M, Copur S, Yildiz AB, et al. Physical exercise in kidney disease. *Eur J Clin Invest.* 2024;54(2):e14105. doi:10.1111/eci.14105.

- 52.** Billany RE, Smith AC, Graham-Brown MPM. Physical activity and cardiorenal health. *Nephrol Dial Transplant*. 2025;40(11):2011–2025. doi:10.1093/ndt/gfae251.
- 53.** Hirano Y, Fujikura T, Kono K, et al. Effect of rehabilitation on renal outcomes after AKI. *BMC Nephrol*. 2024;25(1):222. doi:10.1186/s12882-024-03666-z.
- 54.** Lin L, Wei T, Pan X, Tian E, Wu Z, Yang J. Metabolic Syndrome- Related Kidney Injury: A Review and Update. *Front. Endocrinol.*, 22 June 2022. Sec. Cellular Endocrinology. Volume 13 – 2022 | <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.904001>.
- 55.** Mesquita A. S. S., Pereira J. F. dos S., Santos D. L. N. dos, Silva A. P. P., Lopes C. M. M., Pitombeira F. P. S., & Moraes L. M. S. (2023). Infecção relacionada à assistência à saúde em Unidade de Terapia Intensiva. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, 23(8), e13099. <https://doi.org/10.25248/reas.e13099.2023>
- 56.** Valente, G.T.M.L. Pontes, A. P. V. Dourado, A. D. Dourado, J. D. Nogueira, J. F. B. (2023). INJÚRIA RENAL AGUDA -PERSPECTIVAS CONTEMPORÂNEAS ACERCA DE SUA FISIOPATOLOGIA, DIAGNÓSTICO E MANEJO. *Brazilian Journal of Health Review*, Curitiba, v. 6, n.6, p. 30322-30329, nov./dec., 2023. ISSN: 2595-6825. DOI:<https://doi.org/10.34119/bjhrv6n6-288>.
- 57.** Benichel CR, Meneguim S. Fatores de risco para lesão renal aguda em pacientes clínicos intensivos. *Acta Paul Enferm*. 2020;33:e-APE20190064. DOI <http://dx.doi.org/10.37689/acta-ape/2020AO0064>.

ANEXO

Anexo A –Documento de aprovação no comitê de ética

<p>CENTRO UNIVERSITÁRIO ICESP</p> 
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA
Título da Pesquisa: Exercício Físico em Pacientes com Injúria Renal Aguda: Um Projeto Piloto de Viabilidade, Randomizado e Controlado
Pesquisador: Antonio Jose de Almeida Inda Filho
Área Temática:
Versão: 2
CAAE: 69339023.0.0000.8118
Instituição Proponente: INSTITUTO CIENTIFICO DE ENSINO SUPERIOR E PESQUISA - ICESSP
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio
DADOS DO PARECER
Número do Parecer: 6.225.792