



Redução da força muscular periférica e respiratória em pacientes pediátricos após transplante renal

Reduced peripheral and respiratory muscle strength in pediatric patients after kidney transplantation


Autores

Michelle Hagi Frantzeski¹ 

Carolina Pacheco de Freitas Thomazi² 

Alexandre Severo do Pinho³ 

Clotilde Druck Garcia⁴ 

Janice Luisa Lukrafka⁵ 

¹Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Porto Alegre, RS, Brasil.

²Centro Universitário Cenecista de Osório, Osório, RS, Brasil.

³Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil.

⁴Complexo Hospitalar Santa Casa de Porto Alegre-Hospital da Criança Santo Antônio, Departamento de Nefrologia Pediátrica, Porto Alegre, RS, Brasil.

⁵Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Departamento de Fisioterapia, Porto Alegre, RS, Brasil.

Submetido em: 10/06/2022.

Aprovado em: 18/01/2023.

Publicado em: 14/04/2023.

Correspondência para:

Janice Luisa Lukrafka.

E-mail: janicet@ufcspa.edu.br

DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-8239-JBN-2022-0096pt>

RESUMO

Introdução: Força muscular reduzida e baixa capacidade de exercício encontram-se bem documentadas em adultos mas há poucos estudos examinando essas alterações em crianças e adolescentes após transplante renal. O objetivo deste estudo foi avaliar a força muscular periférica e respiratória e a associação com a capacidade submáxima de exercício em crianças e adolescentes após o transplante renal. **Métodos:** Foram incluídos 47 pacientes entre 6 e 18 anos de idade clinicamente estáveis após o transplante. Avaliou-se a força muscular periférica (dinamometria isocinética e de prensão manual), a força muscular respiratória (pressão inspiratória e expiratória máximas) e a capacidade submáxima de exercício (teste de caminhada de seis minutos – TC6M). **Resultados:** Os pacientes apresentaram média de idade de 13,1 ± 2,7 anos e uma média de 34 meses desde o transplante. Os flexores de joelho mostraram uma redução significativa na força muscular (77,3% do previsto) e os extensores de joelho apresentaram valores normais (105,4% do previsto). A força de prensão manual e as pressões respiratórias máximas (inspiratória e expiratória) foram significativamente inferiores ao esperado ($p < 0,001$). Embora a distância percorrida no TC6M tenha sido significativamente menor do que o previsto ($p < 0,001$), não encontramos nenhuma correlação significativa com a força muscular periférica e respiratória. **Conclusão:** Crianças e adolescentes submetidos ao transplante renal apresentam força muscular periférica reduzida de flexores de joelho e de prensão manual, bem como das pressões respiratórias máximas. Não foram encontradas associações entre força muscular periférica e respiratória e a capacidade submáxima de exercício.

Descritores: Força Muscular; Teste de Esforço; Transplante; Pediatria.

ABSTRACT

Introduction: Reduced muscle strength and low-exercise capacity are well documented in adults, but there are few studies examining those impairments in children and adolescents after kidney transplantation. The objective of this study was to evaluate peripheral and respiratory muscle strength and the association with submaximal exercise capacity in children and adolescents after kidney transplant. **Methods:** Forty-seven patients between six and 18 years of age clinically stable after transplantation were included. Peripheral muscle strength (isokinetic and hand-grip dynamometry), respiratory muscle strength (maximal inspiratory and expiratory pressure), and submaximal exercise capacity (six-minute walk test – 6MWT) were assessed. **Results:** Patients had a mean age of 13.1 ± 2.7 years and an average of 34 months had elapsed since the transplantation. Flexors of the knee showed a significant reduction in muscle strength (77.3% of predicted) and knee extensors had normal values (105.4% of predicted). Hand-grip strength and maximal respiratory pressures (inspiratory and expiratory) also were significantly lower than expected ($p < 0.001$). Although distance walked in the 6MWT was significantly lower than predicted ($p < 0.001$), no significant correlation was found with peripheral and respiratory muscle strength. **Conclusion:** Children and adolescents after kidney transplantation have reduced peripheral muscle strength of knee flexors, hand-grip, and maximal respiratory pressures. No associations were found between peripheral and respiratory muscle strength and submaximal exercise capacity.

Keywords: Muscle Strength; Exercise Test; Transplantation; Pediatrics.



INTRODUÇÃO

O transplante renal é uma opção terapêutica importante para crianças com doença renal crônica (DRC) tardia^{1,2}. Tipicamente, o transplante renal preemptivo apresenta baixo risco e elevada taxa de sucesso e está associado ao aumento da sobrevida, com um benefício de sobrevida de até 4 vezes em comparação com pacientes em diálise³⁻⁵. Nos últimos anos, os avanços na medicação imunossupressora, experiência cirúrgica e atendimento hospitalar antes e depois do transplante, melhoraram a sobrevida do paciente e do enxerto, o potencial de crescimento, o neurodesenvolvimento e a qualidade de vida^{6,7}.

O transplante preemptivo, antes de iniciar a diálise, parece ser a melhor terapia para crianças com doença renal em estágio terminal (DRET), oferecendo a possibilidade de restabelecer a função renal normal e eliminar inúmeras manifestações clínicas da doença renal^{8,9}. Entretanto, este procedimento também apresenta diversos efeitos colaterais, principalmente entre crianças, nas quais as respostas imunológicas são mais intensas¹⁰. Crianças transplantadas apresentam maior risco de desenvolver doenças cardiovasculares, geralmente relacionadas à hipertensão e dislipidemia, que já estão presentes na fase da DRC e persistem após o transplante^{11,12}. De acordo com Chavers et al.¹² a incidência de eventos cardiovasculares em pacientes com DRC estágio 5 foi de 24,3; 24,5; 23,9 e 36,9 em crianças de 0–4 anos, 5–9 anos, 10–14 anos e 15–19 anos, respectivamente. Este risco é aumentado quando associado à redução da capacidade de exercício¹¹ e inatividade, levando ao comprometimento da capacidade funcional de crianças e adolescentes após o transplante renal^{13,14}.

Muitas crianças não são diagnosticadas com DRC até que a função renal já esteja reduzida e em estágio avançado. Devido a isso, podem ocorrer osteopenia e distúrbios musculoesqueléticos, levando a uma perda significativa de massa e força muscular^{15,16}. Hogan et al.¹⁷ demonstraram comprometimento da força muscular em crianças expostas à DRC por um período prolongado de tempo. Os receptores de transplante renal pediátrico também apresentam uma redução significativa da força muscular e da atividade física¹⁸.

Estudos recentes encontraram evidências de alterações sistêmicas em pacientes com doença renal crônica, tanto adultos quanto crianças. No entanto, há poucas evidências sobre a força muscular periférica e respiratória após o transplante. Nossa hipótese é que

crianças e adolescentes apresentam força muscular e força muscular respiratória reduzidas após o transplante, o que está diretamente associado à redução da capacidade de exercício. Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar a força muscular periférica e respiratória após o transplante renal em crianças e adolescentes e sua associação com a capacidade submáxima de exercício.

MÉTODOS

Este estudo transversal foi realizado com pacientes que receberam transplante renal durante seu período de acompanhamento na clínica de nefrologia pediátrica em um centro de referência para transplantes em Porto Alegre, RS, Brasil. Os pais ou responsáveis foram devidamente informados sobre os protocolos e objetivos do estudo. Foi obtido o consentimento informado ou parecer favorável dos envolvidos antes da participação. O comitê de ética da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA-1503/11) e da Irmandade Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre (ISCMPA-3506/1) aprovaram o protocolo de pesquisa.

PARTICIPANTES

Quarenta e sete crianças e adolescentes (24 meninos e 23 meninas) entre 6 e 18 anos de idade foram selecionados após transplante renal (mais de 30 dias). Foram excluídos os participantes com doenças neurológicas, doença ortopédica aguda ou crônica e limitação cognitiva. Todos os participantes foram avaliados durante uma consulta de acompanhamento agendada no ambulatório com a equipe de nefrologia pediátrica.

PROCEDIMENTOS

Após o registro dos dados antropométricos e clínicos, os pacientes foram submetidos à dinamometria isocinética, à dinamometria de preensão manual, aos testes de pressão respiratória máxima e ao teste de caminhada de seis minutos (TC6M). A sequência de testes teve um intervalo mínimo de 20 minutos. Os pacientes que não puderam realizar os testes no mesmo dia, por motivos pessoais, foram avaliados na consulta seguinte. Foi mantida a mesma sequência de testes para todos os pacientes.

DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA E DINAMOMETRIA DIGITAL DE PREENSAO MANUAL

A força muscular dos flexores de joelho (FJ) e flexores de cotovelo (FC) e extensores de joelho (EJ) e extensores de cotovelo (EC) foi avaliada por meio da medição do pico de torque (PT) do membro dominante usando um

dinamômetro isocinético (BIODEX System 4 Pro™, EUA). Foram realizadas três tentativas e o membro selecionado pelo menos duas vezes foi classificado como dominante. Para avaliar a força muscular, os pacientes foram posicionados na cadeira do dinamômetro com o eixo visualmente nivelado com o eixo da articulação em estudo, o qual foi imobilizado para evitar compensações. As velocidades angulares para avaliar os membros superiores foram de 90° e 120°/seg, com cinco repetições¹⁹. Para os membros inferiores, as velocidades foram de 60° e 120°/seg, com 10 repetições²⁰. Houve um intervalo de 30 segundos entre cada velocidade angular e os participantes tiveram um momento para acostumar-se com os cinco movimentos para cada medição. Todos os pacientes receberam estímulos verbais e visuais durante todo o teste. Os valores foram comparados apenas com a equação prevista para o pico de torque dos extensores e flexores de joelho a 60°/seg²¹.

Também utilizamos um dinamômetro digital de punho (Saehan Corporation™, Coreia). O indivíduo foi colocado em posição localizada com o ombro abduzido e em rotação neutra, o cotovelo apoiado em uma flexão de 90° e o antebraço e o punho em posição neutra. Três medições (em quilogramas) foram repetidas com a mão dominante com 30 segundos de intervalo. A pontuação mais elevada foi comparada aos resultados fornecidos por McQuiddy et al.²², que apresentam dados normativos para força de preensão em crianças e adultos jovens saudáveis de 6 a 19 anos de idade. Médias e desvios padrão foram comparados de acordo com idade e sexo.

PRESSÃO RESPIRATÓRIA MÁXIMA

As pressões respiratórias máximas foram medidas com um manovacuômetro (GlobalMed MVD 300®, Porto Alegre, Brasil), um método rápido e não invasivo para avaliar a força dos músculos respiratórios, determinada pela pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) e pressão expiratória máxima (PE_{máx}). O teste foi realizado com o paciente confortavelmente sentado e realizando pelo menos três medições aceitáveis – ou seja, sem vazamento e com duração de pelo menos dois segundos. Os testes foram repetidos até que nenhuma melhora adicional fosse obtida e pelo menos cinco tentativas tecnicamente satisfatórias fossem divergentes em <10%. O valor mais elevado foi utilizado e expresso em centímetros de água (cmH₂O). Para analisar o valor

previsto, utilizamos a referência para a população pediátrica relatada por Wilson et al.²³.

TESTE DE CAMINHADA DE SEIS MINUTOS (TC6M)

Para avaliar a capacidade submáxima de exercício, o TC6M foi realizado de acordo com as diretrizes da Sociedade Torácica Americana²⁴. O teste foi realizado em um corredor de 30m e os pacientes foram instruídos a caminhar o mais rápido possível por seis minutos. A frequência respiratória (FR) (contada como expansões da parede torácica por minuto), o nível de dispneia e a fadiga dos membros inferiores usando uma escala modificada de Borg foram verificados no início, ao final e durante o repouso (um minuto após o teste). Outras variáveis como frequência cardíaca (FC) e saturação periférica de oxigênio (SpO₂) foram verificadas com um oxímetro de ponta de dedo (Nonin Onyx™ 9500, New Medical Inc, EUA). A distância percorrida no TC6M foi obtida em metros e comparada com uma equação para normalidade de crianças saudáveis²⁵.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram expressos como média e desvio padrão (distribuição simétrica) ou mediana e intervalo interquartil (distribuição assimétrica). As variáveis categóricas foram descritas em números (porcentagem). A distribuição normal foi confirmada usando o teste de Shapiro-Wilk. Utilizou-se o teste t de Student pareado (distribuição simétrica) ou o teste de Mann-Whitney (distribuição assimétrica). A existência de associações foi avaliada com o teste de correlação de Spearman. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o SPSS, Versão 18.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, EUA). O nível de significância estatística foi de 5% ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS

Dos 52 pacientes potencialmente elegíveis, dois não preencheram os critérios de inclusão e três desistiram após a avaliação inicial. No total, foram avaliados 47 pacientes com média de idade de 13,1 ± 2,7 anos de diferentes regiões do país (89,4%). O tempo mediano desde o transplante foi de 34 (10–68) meses e os diagnósticos mais prevalentes foram malformação renal (61,7%), doença glomerular (12,7%), doença cística hereditária (6,4%), síndrome hemolítico-urêmica (SHU) (6,4%), necrose cortical (2,1%) e causa desconhecida (4,3%). Segundo o escore z do IMC da Organização Mundial da Saúde, 2 pacientes (4,3%) estavam abaixo do peso, 8 (17,0%) estavam

TABELA 1 CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS E ANTROPOMÉTRICAS DE PACIENTES SUBMETIDOS A TRANSPLANTE RENAL

Características dos participantes		n = 47
Sexo (n)		
M/F		24/23
Idade (anos)*		13,1 ± 2,7 (7–18)
Peso (kg)*		45,2 ± 14,3 (24–77,8)
Altura (m)*		1,47 ± 0,1 (1,13–1,75)
IMC (kg/m²)*		20,6 ± 4,3 (14–34,4)
Pressão arterial sistólica (mmHg)*		105 ± 10 (80–130)
Pressão arterial diastólica (mmHg)*		63 ± 9 (40–80)
Tempo pós-transplante, n (%)		
<6m		9 (19,2%)
>6m		38 (80,8%)
Tipo de transplante, n (%)		
Doador vivo aparentado		23 (48,9%)
Doador falecido		24 (51,1%)
Terapia renal substitutiva pré-transplante		
Hemodiálise, n (%)		2 (4,2%)
Duração da hemodiálise (meses) [†]		96 (36–132)
Diálise peritoneal, n (%)		30 (63,8%)
Duração da diálise peritoneal (meses) [†]		6 (1–12)
HD e DP, n (%)		5 (10,7%)
Nenhuma		10 (21,3%)
TFG n (%)[†]		
≥90 (mL/min/1,73m ²)		15 (32%)
60–89 (mL/min/1,73m ²)		24 (51%)
30–59 (mL/min/1,73m ²)		8 (17%)
Valores laboratoriais		
Creatinina (mg/dl)*		1,1 ± 0,3 (0,6–2,0)
Sódio (mmol/L)*		140 ± 1,9 (134–143)
Potássio (mmol/L)*		4,4 ± 0,6 (1,2–5,3)
Hemoglobina (g/dL)*		12,6 ± 1,2 (10,7–15,9)
Creatina fosfoquinase (U/L) [†]		87 (62–144)
Ureia (mg/dL) [†]		42 (31–49)

* Valores reportados como média ± desvio padrão (mínimo e máximo).

[†]Taxa de filtração glomerular calculada pela fórmula de Schwartz²⁵.

[‡]Valores reportados como mediana e percentis 25-75. HD: Hemodiálise; DP: Diálise peritoneal.

acima do peso e um (2,1%) era obeso; a maioria dos pacientes (36; 76,6%) foi classificada como apresentando peso normal.

As variáveis demográficas e clínicas estão listadas na Tabela 1. A TFG média²⁶ foi de 79,38 ± 19,33 mL/min/1,73m², com a maioria dos valores entre 60–89 mL/min/1,73m², classificados como DRC estágio 2 (*Kidney Disease Outcomes Quality Initiative* – KDOQI). Nenhum paciente foi classificado como DRC grau 4 ou 5. Os pacientes estavam em terapia farmacológica ideal com regime de imunossupressão; 97,9% usaram tacrolimus, 93,6% micofenolato de mofetila e 70,2% prednisona. Um terço usou medicação anti-hipertensiva e 66% usou outras drogas.

As variáveis de força muscular periférica estão descritas na Tabela 2. Os valores de pico de torque dos flexores e extensores de joelho (velocidades angulares de 60°) foram comparados com os valores previstos²¹. Os flexores de joelho mostraram uma redução significativa na força muscular (77,3% do previsto) e os extensores de joelho apresentaram valores normais (105,4% do previsto) (Figura 1). A força média de preensão manual foi significativamente menor ($p < 0,001$) do que os valores previstos de indivíduos saudáveis. Em uma análise de subgrupo, os meninos apresentaram pontuações de força significativamente mais elevadas nos membros superiores (EC₉₀ $p = 0,03$; FC₉₀ $p = 0,006$), preensão manual ($p = 0,03$) e membros inferiores (EJ₆₀ $p = 0,05$; FJ₆₀ $p = 0,01$; EJ₁₂₀ $p = 0,005$; FJ₁₂₀ $p = 0,001$) em comparação com as meninas.

As pressões respiratórias máximas (PI_{máx} e PEmáx) também foram significativamente menores do

TABELA 2 FORÇA MUSCULAR ISOCINÉTICA DE MEMBROS SUPERIORES E INFERIORES E FORÇA DE PREENSAO PALMAR DE PACIENTES TRANSPLANTADOS

Dinamometria isocinética (N-m/s) (n = 29)

Pico de torque do cotovelo*

Flexores	90°	21,7 ± 10,9 (15,3–24,8)
Extensores	90°	23,8 ± 8,8 (16,5–29,3)
Flexores	120°	17,4 ± 6,3 (13,3–21,7)
Extensores	120°	21,8 ± 8,8 (14,2–28,3)

Pico de torque do joelho*

Flexores	60°	45,4 ± 20,0 (30,0–58,1)
Extensores	60°	89,7 ± 36,7 (59,1–104,1)
Flexores	120°	40,6 ± 15,7 (27,3–52,0)
Extensores	120°	72,9 ± 29,2 (49,6–94,1)

Força de preensão (kg)[†] 21,6 ± 7,9 (15,9–27,8)

Força de preensão (kg)[†] prevista 27,4 ± 8,6 (21,7–33,7)

*Valores reportados como média ± desvio padrão (mínimo e máximo).
[†]percentis 25 e 75.

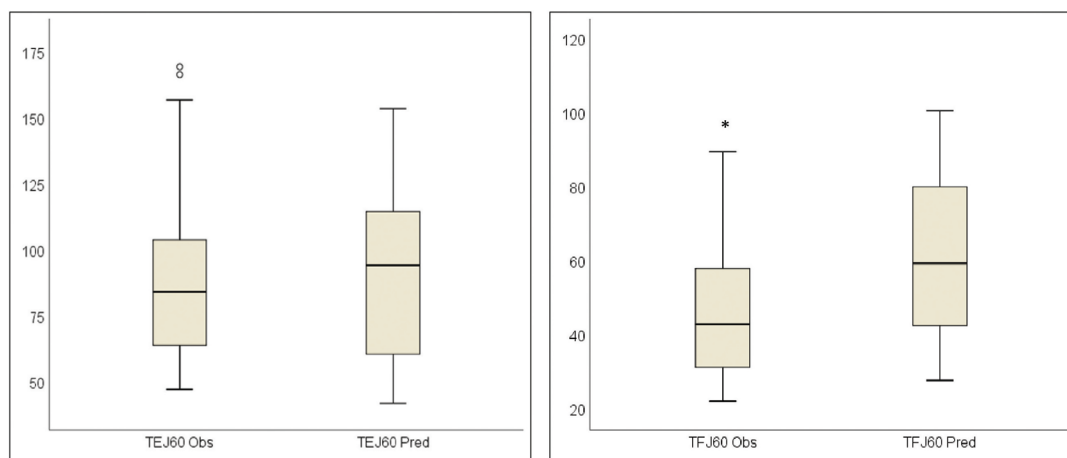


Figura 1. Valores de força muscular periférica observados em dinamometria isocinética em comparação com valores previstos. *significância estatística ($p = 0,000$) comparada com valor alcançado. **TEJ60 Obs:** torque observado de extensores de Joelho a 60°; **TEJ60 Pred:** torque previsto de extensores de Joelho a 60°; **TFJ60 Obs:** torque observado de flexores de Joelho a 60°; **TFJ60 Pred:** torque previsto de flexores de Joelho a 60°.

TABELA 3 VALORES ATINGIDOS E PREVISTOS DA DISTÂNCIA PERCORRIDA NO TESTE DE CAMINHADA DE SEIS MINUTOS (TC6M) E DA FORÇA MUSCULAR RESPIRATÓRIA

Variáveis		<i>p</i>
TC6M*	n = 47	
Distância percorrida (m)	499,9 ± 60,2 (388,0–661,0)	–
Distância prevista (m)	653,6 ± 63,2 (395,0–717,0)	<0,001#
Pressão Respiratória Máxima*	n = 44	
PI _{máx} (cmH ₂ O)*	–55,2 ± 17,5 (–22,0– –101,0)	–
PI _{máx} prevista (cmH ₂ O)	–73,4 ± 12,8 (–54,0– –111,1)	<0,001#
PE _{máx} (cmH ₂ O)	62,8 ± 19,3 (18,0–112,0)	–
PE _{máx} prevista (cmH ₂ O)	97,7 ± 16,9 (62,0–123,0)	<0,001#

*Valores reportados como média ± desvio padrão (mínimo e máximo). #Significância estatística entre valores atingidos e previstos. PI_{máx}: pressão inspiratória máxima; PE_{máx}: pressão expiratória máxima.

que o esperado ($p < 0,001$). Na capacidade submáxima de exercício, a distância percorrida no TC6M foi significativamente menor do que a prevista ($p < 0,001$) (Tabela 3).

A força muscular periférica e respiratória não mostrou correlação significativa com a capacidade de exercício (distância percorrida no TC6M) (Tabela 4). Em uma análise secundária de subgrupos com pacientes submetidos à terapia renal substitutiva antes do transplante, não houve diferença significativa na capacidade de exercício e na força muscular periférica entre os pacientes que fizeram apenas diálise peritoneal/hemodiálise e aqueles que foram submetidos ao transplante preemptivo. Além disso, não foi encontrada nenhuma correlação entre a força muscular periférica e respiratória e o escore z do IMC. Entretanto, foram encontradas correlações positivas e significativas entre IMC e preensão manual e força muscular periférica dos flexores de cotovelo (90° e

TABELA 4 CORRELAÇÕES ENTRE CAPACIDADE FUNCIONAL (TC6M) E FORÇA MUSCULAR PERIFÉRICA E RESPIRATÓRIA

Variáveis	TC6M (m)	
	Coefficiente de correlação	Valor de <i>p</i>
Flexores – cotovelo 90°	0,19	0,32
Extensores – cotovelo 90°	0,23	0,24
Flexores – cotovelo 120°	0,33	0,07
Extensores – cotovelo 120°	0,16	0,40
Flexores – Joelho 60°	0,16	0,40
Extensores – Joelho 60°	0,17	0,37
Flexores – Joelho – 120°	0,08	0,66
Extensores – Joelho 120°	0,20	0,30
Força de preensão palmar (kg)	0,32	0,08
PI _{máx} (cmH ₂ O)	–0,05	0,40
PE _{máx} (cmH ₂ O)	0,22	0,14

PI_{máx}: pressão inspiratória máxima; PE_{máx}: pressão expiratória máxima.

120°), extensores de cotovelo (90° e 120°), flexores de joelho (90° e 120°) e extensores de joelho 60° (dados não mostrados).

DISCUSSÃO

Nosso estudo demonstrou que crianças e adolescentes que foram submetidos à transplante renal apresentam redução da força muscular periférica dos extensores de joelho e da força muscular respiratória. No entanto, não encontramos nenhuma associação significativa entre força muscular periférica e respiratória e capacidade submáxima de exercício.

Neste estudo, utilizamos o instrumento padrão ouro para avaliar a força muscular periférica, o dinamômetro isocinético nos membros superiores e inferiores. Krasnoff et al.¹⁸ mostraram, pela primeira vez, resultados do dinamômetro isocinético em 25 crianças após transplante renal e 11 adolescentes após transplante hepático. Os valores médios de força dos extensores de joelho em ambos os grupos foram muito semelhantes e significativamente mais baixos (67%) do que o valor esperado para a idade. Em um segundo estudo²⁷, o mesmo grupo de pesquisadores comparou os resultados dos 25 pacientes transplantados renais com 15 jovens em diálise: a força muscular do grupo transplantado foi significativamente maior do que a do grupo de diálise; entretanto, os pacientes não atingiram níveis normais.

Alayali et al.²⁸ também encontraram força muscular do quadríceps significativamente menor em crianças em diálise peritoneal do que em controles. Embora nossas medições tenham sido em velocidades diferentes, também encontramos força muscular do quadríceps reduzida a uma velocidade angular de 60°/seg, mas somente nos flexores (77,3% dos valores previstos). Surpreendentemente, os valores de força muscular durante a extensão do joelho atingiram os valores esperados. O mecanismo exato de redução da força muscular nestes pacientes ainda não é claro. Algumas evidências apontam para múltiplos fatores, incluindo excesso de toxinas no organismo durante o tratamento da DRC, desnutrição, uso de medicamentos, acidose metabólica (que pode causar degradação de proteínas musculares),^{16,29} e um estado inflamatório sistêmico³⁰.

A força muscular periférica foi significativamente mais elevada em meninos no pico de torque dos membros superiores e inferiores quando avaliada por um dinamômetro isocinético. Outros pesquisadores

descobriram que o pico de torque dos extensores de joelho é 30% maior em meninos do que em meninas¹⁸. Este melhor desempenho muscular em homens pode estar associado à maior massa muscular, uma característica comum em adolescentes e à maior capacidade de gerar tensão, já que seus músculos apresentam maior área de secção transversa²⁷.

As crianças e adolescentes em nosso estudo apresentaram uma diminuição significativa na P_lmáx e P_Emáx em comparação aos valores previstos. Está bem documentado que adultos e crianças³¹⁻³³ com DRC sofrem perda de massa muscular esquelética e apresentam capacidade de exercício reduzida. Estas alterações podem persistir mesmo após a terapia renal substitutiva^{18,27}. Ferrari et al.¹³ encontraram uma redução significativa na força muscular respiratória de crianças e adolescentes após o transplante em comparação com as crianças em geral. A miopatia persistente, relacionada principalmente à uremia prévia e ao tratamento com corticosteroides após o transplante, pode estar relacionada a esta redução¹⁰. Além disso, os pacientes frequentemente possuem hábitos sedentários, limitando a recuperação das funções musculares e respiratórias após o transplante³⁴.

Um estudo que avaliou a estrutura óssea, massa corporal e força muscular em 55 crianças e adolescentes após transplante renal encontrou uma forte correlação ($r = 0,73$; $p < 0,001$) entre a área de secção transversa do músculo e a força muscular medida com o dinamômetro de prensão manual³⁵. Portanto, presumimos que os baixos valores de força obtidos durante a dinamometria de prensão manual, como constatado em nosso estudo, podem ser devido à diminuição da massa muscular em pacientes com doença renal.

Nossos pacientes apresentaram capacidade submáxima de exercício reduzida, o que pode indicar que os efeitos da DRC persistem após a substituição do órgão. Outras complicações podem surgir, principalmente relacionadas à cirurgia ou à medicação^{31,36}. Nossos pacientes cobriram 79% dos valores previstos para indivíduos saudáveis pareados por idade e sexo no TC6M. Diversos estudos demonstraram uma capacidade de exercício reduzida, mesmo após o transplante^{37,38}. Um estudo semelhante realizado por Ferrari et al.¹³ em crianças após transplante renal encontrou valores para o TC6M de cerca de 65% do valor previsto. Esta redução está frequentemente relacionada a uma proteção excessiva

dos pais devido à doença crônica que, combinada com o frequente ganho de peso após o transplante, leva à inatividade física, aumentando o risco de doenças cardiovasculares e outras complicações^{35,39}. A aptidão cardiorrespiratória é considerada um marcador de saúde cardiovascular. Assim, crianças e jovens com má aptidão cardiovascular apresentam um fator de risco para desfechos de saúde a longo prazo^{39,40}.

Em nosso estudo, não encontramos correlações entre capacidade funcional (TC6M) e força muscular periférica e respiratória, o que pode ser devido ao pequeno tamanho da amostra. Entretanto, dados semelhantes para a população pediátrica são escassos. Um estudo avaliou a relação entre força muscular e DTC6 em crianças em diálise peritoneal e mostrou uma correlação positiva entre a força muscular e a DTC6, indicando a estreita associação entre força muscular e testes de funcionamento físico²⁸. Correlações positivas entre força muscular periférica e estado nutricional foram encontradas apenas com o uso do IMC, mas estudos longitudinais são necessários para explorar esses resultados. A força muscular respiratória não se correlacionou com IMC ou escore z do IMC.

Nosso estudo teve algumas limitações, tais como a ausência de um grupo controle com indivíduos saudáveis e uma população muito heterogênea com diferentes períodos de tempo pós-transplante. Também mencionamos a falta de valores de referência para a força muscular periférica na população pediátrica, uma vez que apenas um estudo mostrou a equação de predição para pico de torque dos extensores e flexores de joelho a 60°/seg²¹. O nível de atividade física não foi avaliado pelo fato de questionários e medidas objetivas não estarem disponíveis para pacientes com menos de 12 anos de idade. Além disso, outra limitação deste estudo transversal em crianças é a influência da puberdade, composição corporal e estrutura muscular; no entanto, esta é uma limitação do método geral.

Em conclusão, crianças e adolescentes submetidos ao transplante renal apresentam diminuição da força dos flexores de joelho, da força de preensão manual e da força muscular respiratória. Não encontramos associações entre força muscular e capacidade submáxima de exercício. Com base em nossos resultados, sugerimos que crianças e adolescentes sejam adequadamente avaliados e incentivados a participar de um programa de reabilitação após o transplante renal para restaurar sua condição funcional.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

MHF e JLL: desenho e métodos do estudo; MHF, CPFT e AP: coleta de dados; MHF, CDG e JLL: análise e interpretação dos dados; MHF e JLL: redação do artigo; MHF, CPFT, AP, CDG e JLL: aprovação final da versão a ser submetida.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram que não há conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

- Baum M. Overview of chronic kidney disease in children. *Curr Opin Pediatr*. 2010;22(2):158–60. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/MOP.0b013e32833695cb>. PubMed PMID: 20299869.
- Becherucci F, Roperto RM, Materassi M, Romagnani P. Chronic kidney disease in children. *Clin Kidney J*. 2016;9(4):583–91. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ckj/sfw047>. PubMed PMID: 27478602.
- Dharnidharka VR, Fiorina P, Harmon WE. Kidney transplantation in children. *N Engl J Med*. 2014;371(6):549–58. doi: <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMra1314376>. PubMed PMID: 25099579.
- Kramer A, Stel VS, Tizard J, Verrina E, Rönnholm K, Pálsson R, et al. Characteristics and survival of young adults who started renal replacement therapy during childhood. *Nephrol Dial Transplant*. 2008;24(3):926–33. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/gfn542>. PubMed PMID: 18840894.
- Roach JP, Bock ME, Goebel J. Pediatric kidney transplantation. *Semin Pediatr Surg*. 2017;26(4):233–40. doi: <http://dx.doi.org/10.1053/j.sempedsurg.2017.07.006>. PubMed PMID: 28964479.
- Marlais M, Martin K, Marks SD. Improved renal allograft survival for pre-emptive paediatric renal transplant recipients in the UK. *Arch Dis Child*. 2021;106(12):1191–4. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2020-321277>. PubMed PMID: 34016592.
- Rees L. Long-term outcome after renal transplantation in childhood. *Pediatr Nephrol*. 2009;24(3):475–84. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00467-007-0559-2>. PubMed PMID: 17687572.
- Warady BA, Neu AM, Schaefer F. Optimal care of the infant, child, and adolescent on dialysis: 2014 update. *Am J Kidney Dis*. 2014;64(1):128–42. doi: <http://dx.doi.org/10.1053/j.ajkd.2014.01.430>. PubMed PMID: 24717681.
- Garcia CD, Bittencourt VB, Rohde RW, Dickel S, Pires I, Tumba K, et al. Pre-emptive pediatric kidney transplantation or not? *Transplant Proc*. 2015;47(4):954–7. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.transproceed.2015.03.019>. PubMed PMID: 26036493.
- Dharnidharka VR, Fiorina P, Harmon WE. Kidney transplantation in children. *N Engl J Med*. 2014;371(6):549–58. doi: <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMra1314376>. PubMed PMID: 25099579.
- Groothoff JW, Lilien MR, van de Kar NC, Wolff ED, Davin JC. Cardiovascular disease as a late complication of end-stage renal disease in children. *Pediatr Nephrol*. 2005;20(3):374–9. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00467-004-1624-8>. PubMed PMID: 15549413.
- Chavers BM, Li S, Collins AJ, Herzog CA. Cardiovascular disease in pediatric chronic dialysis patients. *Kidney Int*. 2002;62(2):648–53. doi: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1755.2002.00472.x>. PubMed PMID: 12110030.
- Ferrari RS, Schaan CW, Cerutti K, Mendes J, Garcia CD, Monteiro MB, et al. Assessment of functional capacity and

- pulmonary in pediatrics patients renal transplantation. *J Bras Nefrol.* 2013;35(1):35–41. doi: <http://dx.doi.org/10.5935/01012800.20130006>. PubMed PMID: 23598750.
14. Clark CG, Cantell M, Crawford S, Hamiwka LA. Accelerometry-based physical activity and exercise capacity in pediatric kidney transplant patients. *Pediatr Nephrol.* 2012;27(4):659–65. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00467-011-2054-z>. PubMed PMID: 22116577.
 15. Leonard MB. A structural approach to the assessment of fracture risk in children and adolescents with chronic kidney disease. *Pediatr Nephrol.* 2007;22(11):1815–24. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00467-007-0490-6>. PubMed PMID: 17622566.
 16. Foster BJ, Kalkwarf HJ, Shults J, Zemel BS, Wetzsteon RJ, Thayu M, et al. Association of chronic kidney disease with muscle deficits in children. *J Am Soc Nephrol.* 2011;22(2):377–86. doi: <http://dx.doi.org/10.1681/ASN.2010060603>. PubMed PMID: 21115614.
 17. Hogan J, Schneider MF, Pai R, Denburg MR, Kogon A, Brooks ER, et al. Grip strength in children with chronic kidney disease. *Pediatr Nephrol.* 2020;35(5):891–9. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00467-019-04461-x>. PubMed PMID: 31932960.
 18. Krasnoff JB, Mathias R, Rosenthal P, Painter PL. The comprehensive assessment of physical fitness in children following kidney and liver transplantation. *Transplantation.* 2006;82(2):211–7. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/01.tp.0000226160.40527.5f>. PubMed PMID: 16858284.
 19. Falk B, Portal S, Tikitsky R, Weinstein Y, Constantini N, Martinowitz U. Anaerobic power and muscle strength in young hemophilia patients. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(1):52–7. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200001000-00009>. PubMed PMID: 10647529.
 20. Goldstein SL, Montgomery LR. A pilot study of twice-weekly exercise during hemodialysis in children. *Pediatr Nephrol.* 2009;24(4):833–9. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00467-008-1079-4>. PubMed PMID: 19093138.
 21. Gross MT, Credle JK, Hopkins LA, Kollins TM. Validity of knee flexion and extension peak torque prediction models. *Phys Ther.* 1990;70(1):3–10. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ptj/70.1.3>. PubMed PMID: 2294529.
 22. McQuiddy VA, Scheerer CR, Lavalley R, McGrath T, Lin L. Normative Values for Grip and Pinch Strength for 6- to 19-Year-Olds. *Arch Phys Med Rehabil.* 2015;96(9):1627–33. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2015.03.018>. PubMed PMID: 25847388.
 23. Wilson SH, Cooke NT, Edwards RH, Spiro SG. Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children. *Thorax.* 1984;39(7):535–8. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/thx.39.7.535>. PubMed PMID: 6463933.
 24. Crapo RO, Casaburi R, Coates AL, Enright PL, MacIntyre NR, McKay R, et al.; ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(1):111–7. doi: <http://dx.doi.org/10.1164/ajrccm.166.1.at1102>. PubMed PMID: 12091180.
 25. Geiger R, Strasak A, Trembl B, Gasser K, Kleinsasser A, Fischer V, et al. Six-minute walk test in children and adolescents. *J Pediatr.* 2007;150(4):395–9. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2006.12.052>. PubMed PMID: 17382117.
 26. Schwartz GJ, Muñoz A, Schneider MF, Mak RH, Kaskel F, Warady BA, et al. New equations to estimate GFR in children with CKD. *J Am Soc Nephrol.* 2009;20(3):629–37. doi: <http://dx.doi.org/10.1681/ASN.2008030287>. PubMed PMID: 19158356.
 27. Painter P, Krasnoff J, Mathias R. Exercise capacity and physical fitness in pediatric dialysis and kidney transplant patients. *Pediatr Nephrol.* 2007;22(7):1030–9. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00467-007-0458-6>. PubMed PMID: 17372771.
 28. Alayli G, Ozkaya O, Bek K, Calmaşur A, Diren B, Bek Y, et al. Physical function, muscle strength and muscle mass in children on peritoneal dialysis. *Pediatr Nephrol.* 2008;23(4):639–44. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00467-007-0711-z>. PubMed PMID: 18197422.
 29. van den Ham EC, Kooman JP, Schols AM, Nieman FH, Does JD, Franssen FM, et al. Similarities in skeletal muscle strength and exercise capacity between renal transplant and hemodialysis patients. *Am J Transplant.* 2005;5(8):1957–65. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-6143.2005.00944.x>. PubMed PMID: 15996245.
 30. Karava V, Dotis J, Christoforidis A, Kondou A, Printza N. Muscle-bone axis in children with chronic kidney disease: current knowledge and future perspectives. *Pediatr Nephrol.* 2021;36(12):3813–27. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00467-021-04936-w>. PubMed PMID: 33534001.
 31. Weaver DJ Jr, Kimball TR, Nilans T, Mays W, Knecht SK, Gerdes YM, et al. Decreased maximal aerobic capacity in pediatric chronic kidney disease. *J Am Soc Nephrol.* 2008;19(3):624–30. doi: <http://dx.doi.org/10.1681/ASN.2007070773>. PubMed PMID: 18184856.
 32. Schaar B, Feldkötter M, Nonn JM, Hoppe B. Cardiorespiratory capacity in children and adolescents on maintenance haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant.* 2011;26(11):3701–8. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/gfr014>. PubMed PMID: 21378148.
 33. Watanabe FT, Koch VH, Juliani RC, Cunha MT. Six-minute walk test in children and adolescents with renal diseases: tolerance, reproducibility and comparison with healthy subjects. *Clinics.* 2016;71(1):22–7. doi: [http://dx.doi.org/10.6061/clinics/2016\(01\)05](http://dx.doi.org/10.6061/clinics/2016(01)05). PubMed PMID: 26872080.
 34. Rees L. Long-term outcome after renal transplantation in childhood. *Pediatr Nephrol.* 2009;24(3):475–84. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00467-007-0559-2>. PubMed PMID: 17687572.
 35. Rütth EM, Weber LT, Schoenau E, Wunsch R, Seibel MJ, Feneberg R, et al. Analysis of the functional muscle-bone unit of the forearm in pediatric renal transplant recipients. *Kidney Int.* 2004;66(4):1694–706. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1755.2004.00937.x>. PubMed PMID: 15458468.
 36. Matsumoto NM, Ichimura S, Hamaoka T, Osada T, Hattori M, Miyakawa S. Impaired muscle oxygen metabolism in uremic children: improved after renal transplantation. *Am J Kidney Dis.* 2006;48(3):473–80. doi: <http://dx.doi.org/10.1053/j.ajkd.2006.05.020>. PubMed PMID: 16931221.
 37. Krull F, Schulze-Neick I, Hatopp A, Offner G, Brodehl J. Exercise capacity and blood pressure response in children and adolescents after renal transplantation. *Acta Paediatr.* 1994;83(12):1296–302. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1651-2227.1994.tb13020.x>. PubMed PMID: 7734874.
 38. Feber J, Dupuis J, Chapuis F, Braillon P, Jocteur-Monrozier D, Daudet G, et al. Body composition and physical performance in children after renal transplantation. *Nephron J.* 1997;75(1):13–9. doi: <http://dx.doi.org/10.1159/000189493>. PubMed PMID: 9031264.
 39. Tangeraas T, Midtvedt K, Fredriksen PM, Cvancarova M, Mørkrid L, Bjerre A. Cardiorespiratory fitness is a marker of cardiovascular health in renal transplanted children. *Pediatr Nephrol.* 2010;25(11):2343–50. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00467-010-1596-9>. PubMed PMID: 20676694.
 40. Sethna CB, Salerno AE, McBride MG, Shults J, Paridon SM, Sharma N, et al. Cardiorespiratory fitness in pediatric renal transplant recipients. *Transplantation.* 2009;88(3):395–401. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/TP.0b013e3181aed7d1>. PubMed PMID: 19667944.