



ARTIGO ORIGINAL

## Cost analysis of substitutive renal therapies in children<sup>☆</sup>



Maria Fernanda Carvalho de Camargo<sup>a</sup>, Klenio de Souza Barbosa<sup>b</sup>,  
Seiji Kumon Fetter<sup>c</sup>, Ana Bastos<sup>a</sup>, Luciana de Santis Feltran<sup>a</sup>  
e Paulo Cesar Koch-Nogueira<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Hospital Samaritano, São Paulo, SP, Brasil

<sup>b</sup> Instituto de Educação e Pesquisa (Insper), São Paulo, SP, Brasil

<sup>c</sup> Fundação Getúlio Vargas (FGV), São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 18 de outubro de 2016; aceito em 27 de fevereiro de 2017

### KEYWORDS

Economics;  
Kidney  
transplantation;  
Renal dialysis;  
Pediatrics

### Abstract

**Objective:** End-stage renal disease is a health problem that consumes public and private resources. This study aimed to identify the cost of hemodialysis (either daily or conventional hemodialysis) and transplantation in children and adolescents.

**Methods:** This was a retrospective cohort of pediatric patients with End-stage renal disease who underwent hemodialysis followed by kidney transplant. All costs incurred in the treatment were collected and the monthly total cost was calculated per patient and for each renal therapy. Subsequently, a dynamic panel data model was estimated.

**Results:** The study included 30 children who underwent hemodialysis (16 conventional/14 daily hemodialysis) followed by renal transplantation. The mean monthly outlay for hemodialysis was USD 3500 and USD 1900 for transplant. Hemodialysis costs added up to over USD 87,000 in 40 months for conventional dialysis patients and USD 131,000 in 50 months for daily dialysis patients. In turn, transplant costs in 50 months reached USD 48,000 and USD 70,000, for conventional and daily dialysis patients, respectively. For conventional dialysis patients, transplant is less costly when therapy exceeds 16 months, whereas for daily dialysis patients, the threshold is around 13 months.

**Conclusion:** Transplantation is less expensive than dialysis in children, and the estimated thresholds indicate that renal transplant should be the preferred treatment for pediatric patients.

© 2017 Sociedade Brasileira de Pediatria. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

DOI se refere ao artigo:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpmed.2017.05.004>

<sup>☆</sup> Como citar este artigo: Camargo MF, Barbosa KS, Fetter SK, Bastos A, Feltran LS, Koch-Nogueira PC. Cost analysis of substitutive renal therapies in children. J Pediatr (Rio J). 2018;94:93–9.

\* Autor para correspondência.

E-mail: [pckoch@uol.com.br](mailto:pckoch@uol.com.br) (P.C. Koch-Nogueira).

**PALAVRAS-CHAVE**

Economia;  
Transplante renal;  
Diálise renal;  
Pediatria

**Análise de custos de terapias renais substitutivas em crianças****Resumo**

**Objetivo:** A Doença Renal em Estágio Final é um problema de saúde que consome recursos públicos e privados. Nosso objetivo é identificar o custo da hemodiálise (hemodiálise diárias ou convencional) e transplante em crianças e adolescentes.

**Métodos:** Uma coorte retrospectiva de pacientes pediátricos com Doença Renal em Estágio Final (DREF) submetidos à hemodiálise após transplante de rim. Todos os custos incorridos no tratamento foram cobrados e o custo total mensal foi calculado por paciente e por cada terapia renal. Então, foi estimado um modelo dinâmico com dados em painel.

**Resultados:** Estudamos 30 crianças submetidas à hemodiálise (16 hemodiálises convencionais/14 hemodiálises diárias) após transplante renal. O gasto médio mensal para hemodiálise foi US\$3,5 mil e US\$1,9 mil para transplante. Os custos de hemodiálise somam mais de US\$87 mil em 40 meses para pacientes submetidos a hemodiálise convencional (HC) e US\$131 mil em 50 meses para pacientes submetidos a hemodiálise diária (HD). Por outro lado, os custos de transplante em 50 meses atingem US\$48 e US\$70 mil, para pacientes submetidos a HC e HD, respectivamente. Para pacientes submetidos à hemodiálise convencional, o transplante é menos oneroso quando a terapia ultrapassa 16 meses, ao passo que para pacientes submetidos a hemodiálise diária o limiar é cerca de 13 meses.

**Conclusão:** O transplante é menos caro que a diálise em crianças e os limiares estimados indicam que o transplante renal deve ser o tratamento preferencial para pacientes pediátricos.

© 2017 Sociedade Brasileira de Pediatria. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Introdução**

A Doença Renal em Estágio Final (DREF) é uma doença caracterizada pela perda irretratável da função renal. A doença é um problema de saúde que aumenta a taxa de mortalidade, causa um impacto negativo sobre a qualidade de vida dos pacientes e consome uma grande quantidade de recursos. O transplante renal é o tratamento de escolha para DREF em crianças e o transplante preventivo deve ser o primeiro objetivo terapêutico para pacientes pediátricos com essa doença.<sup>1</sup>

No Brasil, uma grande quantidade de recursos do orçamento do Sistema Único de Saúde – SUS é alocada para terapias de substituição renal, e espera-se um aumento nas necessidades devido ao aumento da prevalência da doença.<sup>2</sup> A incidência e prevalência de diálise crônica pediátrica no Brasil são seis e 20 casos por milhão da população com idade compatível (pmpic), respectivamente,<sup>3</sup> e a incidência de transplante renal pediátrico é 4 pmpic.<sup>4</sup> A hemodiálise é três vezes mais utilizada que a diálise peritoneal (75% em comparação a 25%) e há diferenças regionais no acesso ao tratamento da DREF, que é menor nas regiões Norte e Centro-Oeste.<sup>3,4</sup> As desigualdades de acesso ao tratamento da doença não são exclusivos do Brasil e possuem uma origem macroeconômica.<sup>5-8</sup>

Considerando a quantidade de recursos utilizada no tratamento da doença, vários estudos estimam os custos das terapias de substituição renal. Em geral, esses estudos sugerem que o transplante em indivíduos mais novos e mais saudáveis e mesmo naqueles com comorbidades consideráveis da DREF possui bom custo-benefício.<sup>9-16</sup>

Contudo, a maior parte desses estudos tem como base dados de adultos, e nenhum estudo analisou os custos de

terapias de substituição renal em crianças no Brasil. A extrapolação dos estudos com adultos não é adequada, pois a DREF possui peculiaridades em cada faixa etária, tornando o tratamento em crianças e adolescentes quase individualizado e, assim, mais complexo e caro.

Ao considerar somente tratamento por diálise, os dados recentes indicam que a hemodiálise diária promove melhores resultados para crianças em comparação à diálise convencional.<sup>17</sup> Consequentemente, o interesse na hemodiálise diária aumentou, porém, até o momento, nenhuma análise de custos dessa terapia foi avaliada.

Nesse contexto, esta pesquisa visa preencher essas lacunas identificando os custos da hemodiálise (hemodiálise diariamente ou convencional) e do transplante em crianças e adolescentes. Esta é a primeira análise no Brasil que compila todos os custos de diferentes terapias de tratamento renal em crianças.

**Métodos**

Relatamos uma coorte de centro único de 30 pacientes pediátricos com DREF tratados entre e 2007 e 2013, todos os quais foram submetidos à hemodiálise após transplante renal no Hospital Samaritano. A amostra de conveniência foi extraída dos 168 transplantes renais pediátricos realizados durante o período do estudo. Os dados foram coletados retrospectivamente com relação a todos os custos do tratamento, incluindo materiais, medicamentos, equipamentos, honorários médicos, custos administrativos, diárias de internação, fisioterapia, nutrição, enfermagem, taxas administrativas, salários e testes de laboratório.

Os custos totais mensais foram calculados para cada paciente em hemodiálise e transplante (deflacionados pelo índice de preços oficial IPCA). O custo acumulado médio de cada uma das terapias foi então calculado.

Foram utilizadas duas fontes de dados, o banco de dados administrativos do Hospital, com informações de custo de ambos os tipos de terapias, bem como a classificação nos procedimentos de cobrança e, posteriormente, o software NEFRODATA (versão 5.12 – LifeSys, Divinópolis, MG, Brasil), com informações detalhadas sobre os materiais e medicamentos utilizados para hemodiálise.

O principal resultado foi o custo mensal total por paciente, somando custos variáveis, outras despesas variáveis (itens não cobrados do paciente, como uso de lavanderia) e custos fixos (taxas administrativas, apartamentos e salas de operação). Como os pacientes foram acompanhados durante diferentes períodos, todos os valores foram contabilizados em novembro de 2013, em dólares norte-americanos, utilizando a taxa de inflação oficial e a taxa de câmbio média nesse mês,<sup>1</sup> para que os custos se tornem comparáveis.

A análise de custos da hemodiálise foi feita categorizando os pacientes em dois tipos: aqueles submetidos a hemodiálise convencional (HC) e aqueles submetidos a hemodiálise diária (HD), cada paciente pertencendo a apenas um tipo de tratamento. Em tese, os pacientes em HD dobram os custos de diálise em comparação à hemodiálise convencional, assim, afetando os custos de forma significativa.

Foram construídas duas variáveis de tempo: uma calculando o tempo (meses) que cada paciente passou em terapia de hemodiálise e outra calculando o tempo gasto no transplante e a duração de acompanhamento da terapia.

## Modelos estatísticos

### Análise descritiva

Calculamos primeiro a evolução do custo mensal médio em diferentes terapias renais, pela média do custo total em cada mês em relação aos pacientes. Os valores considerados são apenas para meses com no mínimo dois pacientes.

### Comparações entre os grupos

As variáveis quantitativas entre os grupos de hemodiálise (HD em comparação a HC) foram comparadas utilizando o teste de Mann-Whitney, ao passo que foi utilizado o teste de Wilcoxon pareado para comparar os tratamentos (HD em comparação a Transplante). Os testes de qui-quadrado ou teste exato de Fisher foram utilizados para comparar as proporções. Em todos os testes, adotamos o limite de 5% ( $p < 0,05$ ) para rejeitar a hipótese nula.

Posteriormente, estimamos um modelo econométrico para controlar a heterogeneidade intrapaciente e gerar previsões como função de valores anteriores, ao passo que também quantificando a incerteza com intervalos de confiança.

### Análise econométrica

Como os 30 pacientes foram observados durante diferentes períodos em hemodiálise e após transplante, a estrutura escolhida é a de painel dinâmico com assintóticos na dimensão transversal e tempo fixo.

Considerando a heterogeneidade transversal e a autocorrelação, é formando o seguinte modelo:

$$y_{it}^j = a^j + \alpha_i^j + \beta_1^j t + \beta_2^j t^2 + \phi_1^j y_{i,t-1}^j + \phi_2^j y_{i,t-2}^j + \phi_3^j y_{i,t-3}^j + \varepsilon_{it}^j$$

Os índices  $j$  significam paciente em hemodiálise ou transplante e tipo HC ou HD. O índice  $i$  refere-se ao paciente e  $t$  refere-se ao tempo. A variável  $y_{it}$  é o custo mensal médio total que o paciente  $i$  teve no mês  $t$ -ésimo no tratamento.

O modelo possibilita efeitos fixos,  $\alpha_i$ , para que cada paciente possa ter um diferente nível recorrente de despesas compatível com sua condição física (como idade e peso) e quanto bem ela responde ao tratamento. A tendência quadrática capta a queda suave ou intensa nos custos mensais com relação à duração do tratamento. Por fim, a inclusão de variáveis dependentes defasadas modela a estrutura temporal.

Os erros econométricos são distribuídos de forma independente e idêntica ao longo do tempo e entre os pacientes, porém os erros padrão robustos também são utilizados para heteroscedasticidade.

Como é comum na literatura sobre painéis dinâmicos, a inclusão de variáveis dependentes defasadas no modelo gera um viés quando o tempo é fixo e quando utilizado o estimador interno ou de primeiras diferenças. Portanto, o estimador utilizado é o Sistema GMM que instrumenta as variáveis endógenas transformadas e as variáveis endógenas de nível por níveis defasados e primeiras diferenças da variável dependente.

Considerando que o estudo foi realizado por meio da análise de dados secundários dos bancos de dados e não exigiu nenhuma intervenção ou até mesmo qualquer procedimento com os pacientes, o comitê de ética da instituição aprovou o projeto sem a necessidade de obter o consentimento informado dos pacientes e pais ( $n^\circ$  do processo: 321.698).

## Resultados

A amostra do estudo envolveu 30 crianças (18 meninos/12 meninas) submetidas a hemodiálise (16 HC/14 HD) após transplante renal. A principal etiologia da DREF foi Anomalias Congênitas dos Rins e do Trato Urinário (CAKUT) em 18 pacientes (60%) e a idade média no transplante foi 9 anos (DP = 5). Em 25 casos (83%), o transplante foi de doadores falecidos. A duração média de cada terapia foi 20 (II = 10 a 31) meses para hemodiálise, ao passo que a mediana da terapia de transplante foi 27 (II = 20 a 33) meses ( $p = 0,028$ ).

A **tabela 1** apresenta os dados demográficos e clínicos da amostra.

Foi feita uma observação com relação a um item que estava no grupo de dados e que não está relacionado a terapias renais (um implante Coclear), que é um alto custo não recorrente (US\$34,9 mil). Essa única observação teria aumentado o custo médio de hemodiálise.

Ao combinar os diferentes custos mensais por pacientes, o custo médio de hemodiálise foi US\$3,5 mil e US\$1,9 mil

<sup>1</sup> Utilizamos a taxa de inflação do IPCA. Como o Banco Central utiliza o índice IPCA para fins de inflação, ele é considerado o índice de preços oficial do Brasil. A taxa de câmbio média em novembro de 2013 é R\$2,2947 em relação ao US\$.

**Tabela 1** Dados demográficos e clínicos da amostra estudada de acordo com o tipo de diálise antes do transplante

		HC	HD	p
Idade na diálise (II)		10 (8 – 11)	3 (2 – 7)	0,032
Idade no transplante (II)		12 (10 – 14)	4 (2 – 8)	0,007
Proporção do sexo feminino		6/16 (38%)	6/14 (43%)	0,765
Etiologia da DREF	Cakut	9/16 (56%)	9/14 (64%)	0,880
	Glomerular	4/16 (25%)	2/14 (14%)	
	Outros	3/16 (19%)	3/14 (22%)	

HC, Hemodiálise Convencional; HD, Hemodiálise Diária; II, Intervalo Interquartil; Cakut, Anomalias Congênitas dos Rins e do Trato Urinário; DREF, Doença Renal em Estágio Final.

**Tabela 2** Custos médios mensais por tipo de tratamento (mil US\$)

Tipo de paciente	Terapia	Média	DP	Máx.
HC	Hemodiálise	2,8	2,1	22,0
	Transplante	1,7	4,5	28,3
HD	Hemodiálise	4,0	2,6	22,2
	Transplante	2,0	6,3	59,2
Total	Hemodiálise	3,5	2,7	22,2
	Transplante	1,9	5,5	59,2

HC, Hemodiálise Convencional, HD, Hemodiálise Diária.

para transplante, de acordo com a [tabela 2](#). Metade dos pacientes apresentou custo igual ou abaixo de US\$3,3 mil por mês para hemodiálise e US\$120 para transplante. Por outro lado, a maior soma incorrida em um mês foi maior para transplante, atingindo US\$59,2 mil em comparação a US\$22,2 mil para hemodiálise. Isso indica que os transplantes como um todo inicialmente possuem maiores custos, porém, no longo prazo, promove mais economia.

Ao subdividir os custos por grupo de cobrança, observamos que os pacientes em hemodiálise apresentaram a seguinte distribuição: a) Medicamentos e Materiais = 64%, b) Prótese e Órtese = 15%, c) Serviços Hospitalares = 17% e d) Serviço de Medicina Diagnóstica = 4%. Os custos dos pacientes transplantados foram: a) Medicamentos e Materiais = 49%, b) Prótese e Órtese = 9%, c) Serviços Hospitalares = 35% e d) Serviço de Medicina Diagnóstica = 7% ( $p = 0,014$ ).

Ao analisar separadamente os pacientes submetidos a hemodiálise convencional e diária, o custo médio mensal de hemodiálise diária é maior, US\$4 mil ([tabela 2](#)).

Vale destacar que transplante inicialmente exige altos gastos, porém o custo reduz posteriormente, eventualmente resultando em economia geral de custo em comparação à media incorrida para hemodiálise. Estima-se que os custos acumulados para transplante podem atingir US\$43.600,00 no primeiro mês e aumentar gradualmente no acompanhamento. Após dois anos de tratamento, o custo acumulado pós-transplante aumenta para entre US\$43.600,00 e US\$65.368,00 em média, diferente de duas vezes o custo observado em hemodiálise no mesmo período. As despesas com transplante também são, em média, maiores para pacientes submetidos a HD em quase UUS\$4,58 mil. Contudo, os custos de tratamento de complicações são semelhantes para ambos ([tabela 3](#)).

### Análise de séries temporais

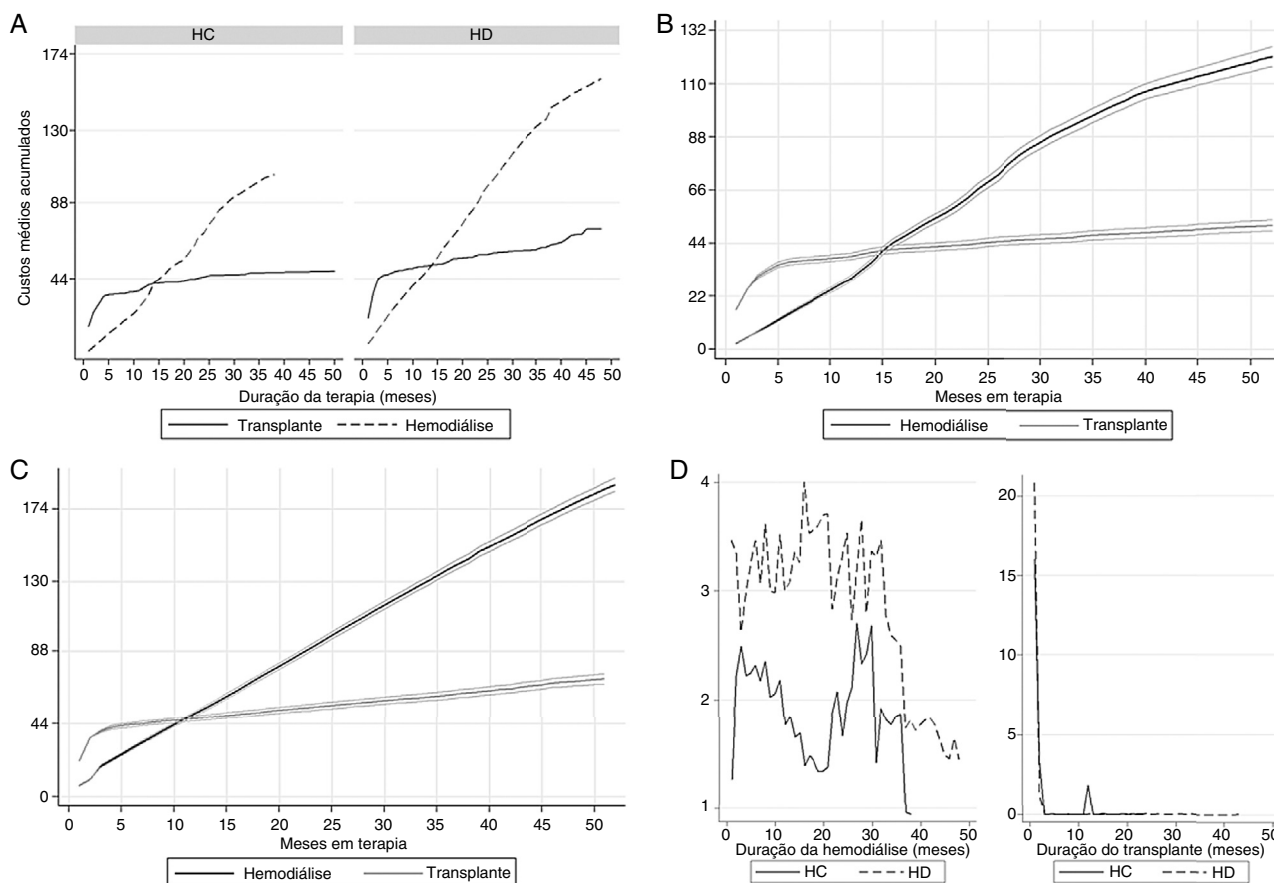
A [figura 1A](#) apresenta a evolução do custo médio mensal de diferentes terapias renais, pela média do custo total da amostra para cada mês. Ela mostra que os custos de hemodiálise somam mais de US\$87 mil em 40 meses para pacientes submetidos a HC e US\$131 mil em 50 meses para pacientes submetidos HD. Por outro lado, os custos de transplante em 50 meses atingem US\$48 e US\$70 mil, para pacientes submetidos a HC e HD, respectivamente. Vale destacar que a lacuna entre os custos acumulados de transplante para pacientes submetidos a HC e paciente submetidos a HD aumentam logo após o transplante, pois a maior parte das despesas é incorrida nos primeiros meses.

Em resumo, parece haver uma duração do limiar pós-transplante da terapia, momento em que um transplante se torna uma opção mais econômica à hemodiálise. Para

**Tabela 3** Custos médios mensais por tipo de tratamento (Mil US\$)

Tratamento	Tipo de custos	HC	HD	Total
Hemodiálise	Hemodiálise	1,8	3,4	2,7
	Complicações	3,9	2,8	3,3
	Outros	0,1	0,1	0,1
Transplante	Transplante	13,5	17,9	15,3
	Preparação pré-transplante	0,2	0,6	0,5
	Acompanhamento pós-transplante	0,2	0,2	0,2
	Complicações	5,5	5,0	5,2
	Outros	0,2	0,3	0,3

HC, Hemodiálise Convencional; HD, Hemodiálise Diária.



**Figura 1** A, custos médios mensais acumulados em comparação a hemodiálise e transplante, por tipo de paciente (Mil US\$); B, teste das diferenças estatisticamente significativas em custos acumulados: hemodiálise convencional (Mil US\$); C, teste das diferenças estatísticas em custos acumulados: hemodiálise diária (Mil US\$); D, evolução do custo médio mensal das sessões de hemodiálise (esquerda) e de internação devido a transplante (direita), por tipo de paciente (Mil US\$) HC, Hemodiálise Convencional; HD, Hemodiálise Diária.

estimar estatisticamente esse limiar considerando a heterogeneidade transversal e prevendo o custo com a mesma estrutura temporal, a seção a seguir mostrará uma análise econométrica dos dados.

### Análise econométrica

A figura 1B e C representam a previsão dos custos acumulados médios e seus intervalos de confiança em um nível de confiança de 95% com base na estimativa do painel dinâmico (consulte os resultados de regressão no Apêndice On-line). As duas figuras mostram claramente que a hemodiálise se torna uma opção mais onerosa após uma duração limite da terapia. De forma conservadora, o limiar é identificado quando o limite inferior do intervalo de confiança de hemodiálise ultrapassa o limite superior do intervalo de confiança de transplante.

Para pacientes submetidos a hemodiálise convencional, é mais barato ser submetido a transplante quando a terapia ultrapassa 16 meses. Por outro lado, para pacientes em hemodiálise diária, o limiar surge antes, em aproximadamente aos 13 meses. O resultado é intuitivo, pois a hemodiálise diária utiliza duas vezes mais materiais e medicamentos, induzindo, assim, um rápido aumento no custo.

Em ambos os casos, a duração do limiar corresponde a um custo de cerca de US\$ 44 mil. Vale destacar que um paciente submetido a hemodiálise em terapia de transplante custa US\$44 mil em menos de 5 meses, porém esse valor não ultrapassa US\$87 mil em 50 meses. Por outro lado, a hemodiálise diária acumula US\$87 mil em apenas 24 meses (tabela 2).

### Análise dos procedimentos de hemodiálise e transplante

Apesar de os aspectos econômicos das terapias cobrirem todos os custos envolvidos, inclusive internação devido a complicações e exames pré e pós-transplante, por exemplo, é interessante também analisar separadamente, do ponto de vista de manejo, os custos das sessões de hemodiálise e de internação para transplante. Essa subseção faz uma análise, do ponto de vista econômico, da evolução dos custos para sessões de hemodiálise e internações para transplante. A figura 1D apresenta a avaliação mensal desses custos em hemodiálise e transplante, que não divergem muito dos custos totais de cada terapia. O custo dos procedimentos de transplante é quase zero após os dois primeiros meses, ao contrário da hemodiálise.

## Discussão

O principal achado desta pesquisa é que o transplante em crianças e adolescentes é uma terapia de substituindo renal economicamente mais atrativa após uma extensão do limiar relativamente curto. Ao observar 30 pacientes de 2007 a 2013 e comparar os custos incorridos em hemodiálise e transplante, concluímos que o transplante é uma terapia mais vantajosa do ponto de vista de custos após 13 a 16 meses pós-transplante.

É possível comparar as diferenças de custos entre hospitais e países, pois há variações regionais, porém nosso resultado está em conformidade com vários estudos em adultos, que mostram que o transplante é mais econômico quando comparado ao tratamento de diálise.<sup>13,18</sup> Apenas um estudo relatou que a diálise foi menos cara que o transplante, porém os pacientes fizeram apenas duas sessões de diálise por semana neste estudo. Ademais, tratou-se de um estudo transversal e nenhuma técnica econométrica foi implementada para modelar os custos de tratamentos de acordo com a duração.<sup>19</sup>

O aspecto inovador de nossa pesquisa é que ela tem como base apenas pacientes pediátricos, e nossos achados são relevantes porque eles ampliam os conceitos anteriores relatados em adultos. Além disso, o fato de que nossa amostra incluiu crianças submetidas a diálise diária antes do transplante é original. Diálises mais frequentes podem reduzir a desnutrição, caquexia, possibilitar maior liberdade alimentar,<sup>20</sup> e esses benefícios tornam a HD uma opção interessante para crianças, pois ela promove crescimento e menor morbidez.<sup>17,21-23</sup> Aproveitamos o fato de que nosso centro realiza HD com frequência em crianças pequenas para estudar o impacto econômico desse tipo de tratamento, e, no melhor de seu conhecimento, essa foi a primeira vez que uma estimativa de custos de terapias de substituição renal inclui diálise diária.

Apesar de não termos feito uma análise de custo-benefício em nosso estudo, é plausível assumir que esse índice seria elevado, pois os transplantes de órgãos sólidos resultam em um benefício de sobrevivência de mais de 25 anos nos Estados Unidos, em comparação a crianças colocadas na lista de espera, mas que não foram transplantadas.<sup>24</sup>

Este estudo coletou e analisou os custos relacionados a materiais, medicamentos, honorários médicos, taxas administrativas e de interação mais outros custos emergentes para estabelecer os parâmetros econômicos para alocação eficiente de recursos na terapia de substituição renal à população pediátrica. Contudo, mesmo se excluindo os custos indiretos, como internação devido a complicações e consultas pós-transplante, o significado dos resultados não muda. De fato, a inferência de que o transplante é uma terapia mais econômica no longo prazo é ainda mais corroborada. Considerando apenas os custos das sessões de hemodiálise (exames de rotina, hemodialisador, materiais, medicamentos e honorários médicos) e os custos de internação para transplante em nossa amostra, o limiar é reduzido de 13 a 16 meses para 9 a 15 meses. Esses resultados estão de acordo com Sánchez-Escuredo et al. que relataram que os transplantes resultaram em economia de custos mesmo no primeiro ano e foram o 74% menos caros

que a hemodiálise no segundo ano após o transplante renal de doador vivo.<sup>15</sup>

Nossos dados têm como base custos médios mensais, e o problema com essa abordagem é que a dependência temporal dos custos é originada, impedindo uma inferência robusta e uma previsão mais informada. Estimar um modelo econométrico para a evolução dos custos nos possibilitou controlar a heterogeneidade intrapaciente e gerar previsões como função de valores anteriores, ao passo que também quantificando a incerteza com intervalos de confiança. Os resultados possibilitaram uma análise da estrutura temporal dos custos ao mesmo tempo em que também controlaram as idiosincrasias transversais dos pacientes utilizando métodos de dados do painel dinâmico.

Nossos resultados também consideram que os pacientes em hemodiálise convencional e diária podem ser diferentes. Foi relatado que a hemodiálise diária reduz o tempo de internação, a dosagem semanal de agentes estimulantes da eritropoiese e o número de medicamentos anti-hipertensivos em comparação à hemodiálise convencional.<sup>13,25,26</sup> Vale destacar que, em nossa amostra, os custos de hemodiálise diária foram, logicamente, maiores que a hemodiálise convencional, porém o custo de complicações foi numericamente menor, sugerindo que a hemodiálise intensificada fornece menor incidência de complicações.<sup>21</sup> Esses menores custos de complicações são mais consideráveis se levarmos em consideração que, em nosso estudo, os pacientes submetidos a hemodiálise diária eram mais novos no início do tratamento.

Na faixa etária de 10 a 30 meses, os custos médios de pacientes submetidos a HC apresentaram maior taxa de crescimento que os pacientes submetidos a HD, apesar de a tendência geral ter permanecido em queda. Contudo, concluímos que isso não decorre de uma mudança na dinâmica de custos de um tratamento específico em si, porém devido à mudança na composição da amostra, que acontece naturalmente devido ao fato de os pacientes abandonarem o tratamento com o passar do tempo. Conforme o tamanho da amostra reduz, as estimativas de custos e tornam menos precisas e acabam refletindo as idiosincrasias de pacientes individuais. Em especial, apenas metade da amostra de pacientes submetidos a HC estava em tratamento após o 20º mês, assim, os custos médios foram muito influenciados por qualquer abandono adicional. Consideramos que nossa abordagem econométrica melhora a simples comparação dos custos médios mensais (acumulados), pois (i) ela isola as idiosincrasias (efeitos fixos na regressão) e (ii) a estimativa dos parâmetros dinâmicos é menos afetado por reduções na amostra.

Nossa pesquisa possui limitações, pois se trata de um estudo retrospectivo de único centro que envolve um número reduzido de crianças por um período de tempo limitado. Adicionalmente, nossa amostra incluiu apenas pacientes submetidos a hemodiálise, e são desejados mais estudos que comparem os custos de transplante à diálise peritoneal. Contudo, os pontos fortes de nosso estudo são a abordagem de uma questão significativa do ponto de vista econômico, envolvendo um país em desenvolvimento com recursos limitados, pois esse cenário não é restrito ao Brasil. Ademais, aplicamos modelos econométricos robustos que nos possibilitaram prever os custos para um período maior.

Em resumo, nossos dados sugerem que tratar os pacientes submetidos a hemodiálise convencional por mais de 16 meses pode ser menos oneroso, caso eles tenham sido transplantados. Da mesma forma, o transplante é menos oneroso para pacientes em hemodiálise diária por mais de 14 meses. O transplante se torna uma terapia mais econômica a US\$43.590,00, pois os meses pós-operatórios não acrescentam muito aos custos acumulados. Por outro lado, a hemodiálise exige um gasto mensal contínuo de recursos, atingindo duas vezes o custo acumulado de transplante após 30 a 40 meses. Considerando apenas as sessões de hemodiálise e internação para transplante, o limiar é atingido em US\$30.513,00. Levando em consideração que os pacientes de nossa amostra permanecem em média 20 meses em diálise, o transplante é uma melhor alternativa para crianças submetidas a terapias renais substitutivas.

Os limiares estimados neste estudo podem servir para orientar a política pública, indicando que o transplante renal deve ser utilizado em comparação à hemodiálise em pacientes da população pediátrica submetidos a terapia de longa duração.

## Financiamento

A pesquisa foi financiada pelo Ministério da Saúde brasileiro por meio do 'Programa de Apoio ao Desenvolvimento Institucional do Sistema Único de Saúde – PROADI-SUS', nº de protocolo: 25000.180613/2011-11.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Apêndice. Material adicional

Pode consultar o material adicional para este artigo na sua versão eletrônica disponível em [doi:10.1016/j.jpedp.2017.08.004](https://doi.org/10.1016/j.jpedp.2017.08.004).

## Referências

- Davis CL. Preemptive transplantation and the transplant first initiative. *Curr Opin Nephrol Hypertens*. 2010;19:592–7.
- de Moura L, Prestes IV, Duncan BB, Thome FS, Schmidt MI. Dialysis for end stage renal disease financed through the Brazilian National Health System, 2000 to 2012. *BMC Nephrol*. 2014;15:111.
- Konstantyner T, Sesso R, de Camargo MF, de Santis Feltran L, Koch-Nogueira PC. Pediatric chronic dialysis in Brazil: epidemiology and regional inequalities. *PLoS One*. 2015;10:e0135649.
- Nogueira PC, de Carvalho MF, de Santis Feltran L, Konstantyner T, Sesso R. Inequality in pediatric kidney transplantation in Brazil. *Pediatr Nephrol*. 2016;31:501–7.
- Reese PP, Hwang H, Potluri V, Abt PL, Shults J, Amaral S. Geographic determinants of access to pediatric deceased donor kidney transplantation. *J Am Soc Nephrol*. 2014;25:827–35.
- Harambat J, van Stralen KJ, Schaefer F, Grenda R, Jankauskiene A, Kostic M, et al. Disparities in policies, practices and rates of pediatric kidney transplantation in Europe. *Am J Transplant*. 2013;13:2066–74.
- Hogan J, Audry B, Harambat J, Dunand O, Garnier A, Salomon R, et al. Are there good reasons for inequalities in access to renal transplantation in children? *Nephrol Dial Transplant*. 2015;30:2080–7.
- Harambat J, van Stralen KJ, Verrina E, Groothoff JW, Schaefer F, Jager KJ, et al. Likelihood of children with end-stage kidney disease in Europe to live with a functioning kidney transplant is mainly explained by nonmedical factors. *Pediatr Nephrol*. 2014;29:453–9.
- Wong G, Howard K, Chapman JR, Chadban S, Cross N, Tong A, et al. Comparative survival and economic benefits of deceased donor kidney transplantation and dialysis in people with varying ages and co-morbidities. *PLoS One*. 2012;7:e29591.
- Domínguez J, Harrison R, Atal R. Cost-benefit estimation of cadaveric kidney transplantation: the case of a developing country. *Transplant Proc*. 2011;43:2300–4.
- Haller M, Gutjahr G, Kramar R, Harnoncourt F, Oberbauer R. Cost-effectiveness analysis of renal replacement therapy in Austria. *Nephrol Dial Transplant*. 2011;26:2988–95.
- Rocha MJ, Ferreira S, Martins LS, Almeida M, Dias L, Pedroso S, et al. Cost analysis of renal replacement therapy by transplant in a system of bundled payment of dialysis. *Clin Transplant*. 2012;26:529–31.
- Menzin J, Lines LM, Weiner DE, Neumann PJ, Nichols C, Rodriguez L, et al. A review of the costs and cost effectiveness of interventions in chronic kidney disease: implications for policy. *Pharmacoeconomics*. 2011;29:839–61.
- Cavallo MC, Sepe V, Conte F, Abelli M, Ticozzelli E, Bottazzi A, et al. Cost-effectiveness of kidney transplantation from DCD in Italy. *Transplant Proc*. 2014;46:3289–96.
- Sánchez-Escuredo A, Alsina A, Diekmann F, Revuelta I, Esforzado N, Ricart MJ, et al. Economic analysis of the treatment of end-stage renal disease treatment: living-donor kidney transplantation versus hemodialysis. *Transplant Proc*. 2015;47:30–3.
- Jensen CE, Sørensen P, Petersen KD. In Denmark kidney transplantation is more cost-effective than dialysis. *Dan Med J*. 2014;61:A4796.
- de Camargo MF, Henriques CL, Vieira S, Komi S, Leão ER, Nogueira PC. Growth of children with end-stage renal disease undergoing daily hemodialysis. *Pediatr Nephrol*. 2014;29:439–44.
- Salonen T, Reina T, Oksa H, Sintonen H, Pasternack A. Cost analysis of renal replacement therapies in Finland. *Am J Kidney Dis*. 2003;42:1228–38.
- Elsharif ME, Elsharif EG, Gadour WH. Costs of hemodialysis and kidney transplantation in Sudan: a single center experience. *Iran J Kidney Dis*. 2010;4:282–4.
- Warady BA, Fischbach M, Geary D, Goldstein SL. Frequent hemodialysis in children. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2007;14:297–303.
- Müller D, Zimmering M, Chan CT, McFarlane PA, Pierratos A, Querfeld U. Intensified hemodialysis regimens: neglected treatment options for children and adolescents. *Pediatr Nephrol*. 2008;23:1729–36.
- Fischbach M, Fothergill H, Seuge L, Zaloszczyk A. Dialysis strategies to improve growth in children with chronic kidney disease. *J Ren Nutr*. 2011;21:43–6.
- Fischbach M, Terzic J, Menouer S, Dheu C, Seuge L, Zaloszczyk A. Daily on line haemodiafiltration promotes catch-up growth in children on chronic dialysis. *Nephrol Dial Transplant*. 2010;25:867–73.
- Rana A, Gruessner A, Agopian VG, Khalpey Z, Riaz IB, Kaplan B, et al. Survival benefit of solid-organ transplant in the United States. *JAMA Surg*. 2015;150:252–9.
- Mohr PE, Neumann PJ, Franco SJ, Marainen J, Lockridge R, Ting G. The case for daily dialysis: its impact on costs and quality of life. *Am J Kidney Dis*. 2001;37:777–89.
- McFarlane PA, Pierratos A, Redelmeier DA. Cost savings of home nocturnal versus conventional in-center hemodialysis. *Kidney Int*. 2002;62:2216–22.