

Pediatria ATUALIZE SE

BOLETIM DA SOCIEDADE DE PEDIATRIA DE SÃO PAULO



NEFROLOGIA NA PEDIATRIA

Doença renal crônica: alerta para o pediatra • Página 4

Doenças renais raras: diagnóstico começa com o pediatra • Página 7

Inteligência artificial em Nefrologia Pediátrica • Página 10

SPSP educa

PORTAL DE EDUCAÇÃO CONTINUADA DA
SOCIEDADE DE PEDIATRIA DE SÃO PAULO

Faça sua inscrição para
os cursos da SPSP

Acesse as aulas gravadas dos
eventos da SPSP



www.spspeduca.org.br

EXPEDIENTE

Diretoria da Sociedade
de Pediatria de São Paulo
Triênio 2025-2028

Diretoria Executiva

Presidente
Sulim Abramovici
1º Vice-presidente
Renata Dejtiar Waksman
2º Vice-presidente
Claudio Barsanti
Secretária-geral
Maria Fernanda B. de Almeida
1ª Secretária
Lilian dos Santos Rodrigues Sadeck
2ª Secretário
Mario Roberto Hirschheimer
1º Tesoureiro
Paulo Tadeu Falanghe
2ª Tesoureira
Ana Cristina Ribeiro Zollner

Diretoria de Publicações

Diretora
Cléa R. Leone
Coordenadores do *Pediatra
Atualize-se*
Antonio Carlos Pastorino
Mário Cícero Falcão

Departamento Científico
colaborador: Nefrologia

Informações Técnicas

Produção editorial:
Sociedade de Pediatria
de São Paulo
Jornalista responsável:
Paloma Ferraz (MTB 46219)
Revisão: Lucia Fontes
Projeto gráfico e diagramação:
Lucia Fontes

Foto de capa:
serezniy | depositphotos.com

Periodicidade: bimestral
Versão eletrônica: www.spsp.org.br

Contato comercial:
Karina Aparecida Ribeiro Dias
karina.dias@apm.org.br
Malu Ferreira
malu.ferreira@apm.org.br

Contato produção:
Paloma Ferraz
paloma@spsp.org.br

ISSN 2448-4466

NEFROLOGIA: RECONHECIMENTO PRECOCE PARA PREVENÇÃO FUTURA

As doenças renais da infância permanecem entre as condições crônicas mais desafiadoras da Pediatria, não apenas pela sua complexidade diagnóstica, mas, principalmente, pelo caráter frequentemente silencioso de sua evolução. Enquanto muitas crianças permanecem oligossintomáticas durante anos, alterações progressivas da função renal, do crescimento, da pressão arterial e do metabolismo já podem estar ocorrendo, tornando o diagnóstico precoce um dos principais determinantes do prognóstico.

Nesta edição, o Departamento Científico de Nefrologia reúne três documentos que reforçam uma mesma mensagem: o pediatra ocupa posição central na identificação precoce das doenças renais. Mais do que reconhecer os casos avançados, cabe ao pediatra suspeitar da doença antes que a perda funcional seja irreversível, valorizando alterações discretas da história clínica, do exame físico e dos exames laboratoriais.

A doença renal crônica na infância exige vigilância contínua. O conhecimento dos critérios diagnósticos atuais, como a interpretação correta da taxa de filtração glomerular estimada, da proteinúria e dos principais sinais de alerta, permite identificar crianças em fases iniciais da doença, podendo retardar sua progressão e complicações. São destacados aspectos práticos da atenção primária, como a aferição correta da pressão arterial e uso das curvas de crescimento, infecções urinárias recorrentes, proteinúria, hematuria persistente, poliúria e mesmo a história familiar de doença renal como sinais de alerta.

Os avanços recentes nas diretrizes internacionais, na genética molecular, nos métodos diagnósticos, com a interação cada vez mais presente da inteligência artificial, podem facilitar o diagnóstico de doenças raras complexas e de decisões terapêuticas, facilitando o acesso ao tratamento com terapias modificadoras da doença. Nesse sentido a ação compartilhada entre a Pediatria e a Nefrologia Pediátrica permanecem a base desse sucesso terapêutico.



ANTÔNIO CARLOS PASTORINO
EDITOR

ÍNDICE

Doença renal crônica: alerta para o pediatra 4
por Maria Cristina de Andrade, Eduardo Freitas Hatanaka e Marcia Camegaçava Riyuzo

Doenças renais raras: diagnóstico começa com o pediatra 7
por Luciana dos Santos Henriques e Maria Helena Vaisbich

Inteligência artificial em Nefrologia Pediátrica 10
por Flávio de Oliveira Ihara

DOENÇA RENAL CRÔNICA: ALERTA PARA O PEDIATRA

Maria Cristina de Andrade

Mestrado, doutorado e pós-doutorado pela Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo – EPM/Unifesp. Docente do Departamento de Pediatria – EPM/Unifesp. Coordenadora do Setor de Nefrologia Pediátrica – EPM/Unifesp, Sabará Hospital Infantil e Grupo Santa Joana. Membro da SBP e SBN.

Eduardo Freitas Hatanaka

Graduação em Medicina pela Universidade Estadual de Londrina. Residência em Pediatria e Nefrologia Pediátrica pela EPM/Unifesp. Atuação em Emergências Pediátrica pela Associação Brasileira de Medicina de Emergência. Médico assistente do Pronto-Socorro Pediátrico da Unifesp e do Setor de Nefrologia Pediátrica da EPM/Unifesp. Nefrologista Pediátrico do Hospital Samaritano Higienópolis.

Marcia Camegaça Riyuzo

Mestrado e doutorado pela Faculdade de Medicina de Botucatu – UNESP. Docente do Departamento de Pediatria da Faculdade de Medicina de Botucatu – UNESP. Presidente do Departamento Científico de Nefrologia da SPSP.

A doença renal crônica (DRC) em Pediatria exige alto grau de suspeição clínica, pois pode permanecer oligossintomática por longos períodos enquanto já compromete crescimento, pressão arterial, metabolismo e qualidade de vida. Para o pediatra geral, o ponto central não é apenas reconhecer a DRC avançada, mas suspeitar precocemente da criança com dano renal persistente e encaminhá-la antes da perda importante de função renal.^{1,2}

De forma prática, a DRC é definida como anormalidade estrutural ou funcional dos rins por mais de três meses, com repercussão para a saúde, caracterizada por redução sustentada da taxa de filtração glomerular (TFG) e/ou por marcadores persistentes de lesão renal, como proteinúria, albuminúria, alterações urinárias, anormalidades histológicas ou alterações em exames de imagem.^{1,2} Em crianças, a interpretação deve considerar a maturação fisiológica da função renal, mas, após os dois anos, uma TFG estimada abaixo de 90 mL/min/1,73 m² SC já merece atenção, mesmo sem sinais exuberantes.^{2,3}

A etiologia pediátrica difere da do adulto. Nas crianças, predominam anomalias congênitas dos rins e do trato urinário (CAKUT, do inglês *congenital anomalies of the kidney and urinary tract*) e, em crianças maiores e adolescentes,

ganham espaço as glomerulopatias e as doenças sistêmicas, devendo-se destacar, ainda, do papel das nefropatias hereditárias.^{1,2} Assim, história pré-natal, antecedentes neonatais, padrão miccional, história de infecção urinária recorrente, análise cuidadosa da curva de crescimento e da pressão arterial, e história familiar de nefropatia devem sempre integrar a avaliação pediátrica.^{1,6}

Conceito e diagnóstico: o essencial para a prática

O diagnóstico de DRC não deve se apoiar em um exame isolado. É preciso demonstrar persistência da alteração por mais de três meses ou documentar anormalidade estrutural renal inequívoca nesse contexto.^{1,2} Por isso, proteinúria transitória febril, hematúria isolada ou creatinina discretamente alterada em doença aguda não definem DRC, embora exijam reavaliação. Já alteração urinária persistente, queda da TFG estimada, rins hipodisplásicos, assimetria renal, dilatação pielocalicinal ou sinais sistêmicos compatíveis justificam investigação e seguimento especializado.^{1,2}

A avaliação inicial do pediatra deve combinar anamnese dirigida e minuciosa, exame físico e exames básicos bem selecionados. Pressão arterial aferida corretamente, pesquisa de edema, análise da velocidade de crescimento,

Quadro 1 – Exames complementares que podem integrar a avaliação inicial da criança com suspeita de DRC

Exame complementar/avaliação	Aplicação prática
Urina 1 e proteinúria/creatinina ou relação albuminúria/creatinina urinária (RAC)	Identificam marcadores precoces de lesão renal ^{2,3}
Creatinina plasmática e TFG estimada	Permitem avaliar função renal e acompanhar tendência ^{2,4}
Cistatina C plasmática	Pode melhorar a acurácia da creatinina, em contextos específicos, como baixa massa muscular ou desnutrição ^{3,4}
Hemograma, eletrólitos e gasometria venosa	Detectam anemia, acidose e distúrbios metabólicos ^{1,2}
Ultrassonografia de rins e vias urinárias	Contribui para uma avaliação morfológica inicial, permitindo identificar indícios de malformações, além de permitir avaliação dinâmica (ex: resíduo pós-miccional) ^{1,6}

Fonte: Elaborada pelos autores.

peso, palidez, padrão de hidratação e sintomas urinários são fundamentais. Entre os exames iniciais, destacam-se urina tipo 1, relação proteína/creatinina ou albumina/creatinina urinária, ureia, creatinina sérica, eletrólitos, bicarbonato, hemograma e, quando indicado, cistatina C.^{2,3,6} A ultrassonografia renal e de vias urinárias mantém papel central, sobretudo diante de suspeita de CAKUT.^{1,6}

Certamente outros exames laboratoriais e de imagem (exemplo: uretrocistografia miccional, cintilografias, uro-ressonância) podem ser considerados em contextos específicos.

Fórmulas de TFG estimada que o pediatra deve conhecer

Na infância, a TFG estimada (TFGe) deve ser calculada por equações validadas para a faixa etária e não por fórmulas de adultos fornecidas automaticamente por alguns laboratórios.

A equação sugerida para essa avaliação é a CKiDU-25 (*Chronic Kidney Disease in Children Under 25*), com base na creatinina sérica ou plasmática, ou na cistatina C, que pode ser calculada de forma *online* – [clique aqui](#).

O KDIGO 2024 (*Kidney Disease: Improving Global Outcomes*) recomenda que o cálculo da TFGe de crianças e adultos jovens com alterações de massa muscular seja determinado com base na cistatina C (por exemplo: em casos de malformações e atrofia de membros inferiores, disrafismos de coluna e doenças musculares).²

A fórmula de Schwartz *bedside* continua útil pela simplicidade e boa aplicabilidade em cenários assistenciais de rotina.⁵

Estadiamento da DRC em Pediatria

O estadiamento segue a classificação proposta pelo KDIGO (*Kidney Disease: Improving Global Outcomes*) (Figura 1).² Para o pediatra, o mais importante é lembrar que os está-

gios iniciais podem cursar com poucos sintomas, enquanto hipertensão arterial, proteinúria, anemia e atraso de crescimento já podem sinalizar doença renal mais avançada.

Sinais de alerta: quando o pediatra deve suspeitar

A atenção aos sinais de alerta é parte essencial da abordagem para o pediatra. Em estudo nacional que desenvolveu um escore clínico para diagnóstico mais precoce de DRC em crianças, os principais achados associados ao diagnóstico foram: malformação urinária na ultrassonografia pré-natal, infecção urinária recorrente, poliúria, jato urinário anormal, noctúria, achatamento da curva de crescimento, hipertensão, urina espumosa e edema. Na ausência de dados pré-natais, internação neonatal também se mostrou marcador relevante.⁶ Esses achados são simples de obter na atenção primária e devem disparar um alerta que pode ser um gatilho para a investigação laboratorial e de imagem.⁶

Alinhado com esses dados, publicação do *Jornal de Pediatria* sobre anormalidades do trato geniturinário reforça que poliúria/noctúria, infecção urinária recorrente, hipertensão arterial sistêmica (HAS), falha de crescimento, jato urinário fraco, dificuldade miccional, bexiga distendida, urgência, incontinência e disfunção vesical-intestinal são pistas clínicas que não devem ser banalizadas.⁷ Em muitas crianças, a DRC é precedida por uma história prolongada de sintomas urinários interpretados como “funcionais”, o que retarda o diagnóstico.⁷

Além dos sinais de suspeição diagnóstica, o pediatra deve reconhecer os marcadores de maior risco de progressão. Um estudo de coorte brasileiro mostrou progressão mais rápida nas crianças que já se apresentavam com estágio mais avançado ao diagnóstico de DRC, proteinúria nefrótica, anemia, idade mais elevada e pressão arterial sistólica aumentada.⁸

Figura 1 – Estadiamento da DRC e risco de progressão

- Verde: Risco baixo (RB)
- Amarelo: Risco moderado (RM)
- Laranja: Risco alto (RA)
- Vermelho: Risco muito alto (RMA)

				Relação albumina/creatinina urinária		
				Descrição e variação		
				A1	A2	A3
Estadiamento da taxa de filtração glomerular TFG (mL/min/1,73m ²)	G1	Normal ou alto	≥90	Aumento normal a leve <30 mg/g	Aumento moderado 30-300 mg/g	Aumento grave >300 mg/g
	G2	Diminuição leve	60-89	RB	RM	RA
	G3a	Diminuição leve a moderada	45-59	RB	RM	RA
	G3b	Diminuição moderada a grave	30-44	RM	RA	RMA
	G4	Diminuição grave	15-29	RA	RMA	RMA
	G5	Insuficiência renal	<15	RMA	RMA	RMA

Fonte: Adaptado de Kidney Disease.²

Sinais de alerta para doença renal crônica em pediatria

Reconhecer cedo pode acelerar a investigação e o cuidado

Sinais e sintomas que merecem atenção



**Infecção urinária
recorrente**



Urina espumosa



Hipertensão arterial



Poliúria / noctúria



Edema



Jato urinário anormal

Antecedentes e achados que aumentam a suspeição



**Alteração da curva
de crescimento**



**Malformação do trato
urinário em USG**



**Antecedente de
prematuridade /
internação neonatal**

Mensagem final dos autores

O papel do pediatra envolve suspeitar de DRC, documentar persistência, calcular corretamente a TFG estimada, aferir pressão arterial, observar o crescimento e valorizar sintomas urinários, além de referenciar ao nefrologista pediátrico e realizar o seguimento conjunto. Na consulta, alterações da pressão arterial, curva de crescimento, exame de urina anormal, história de ITU recorrente, poliúria/noctúria, edema e malformação urinária pré-natal precisam ser interpretados como sinais de alerta para doença renal. A suspeita e diagnóstico precoce de DRC é uma atitude clínica decisiva para proteger a função renal, crescimento e o futuro dos pacientes. Em Pediatria, o diagnóstico precoce de modifica a evolução clínica, preserva função renal residual e reduz impacto sobre crescimento e qualidade de vida.

Referências

1. Sociedade Brasileira de Pediatria. Doença renal crônica em Pediatria: diagnóstico e prevenção. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Pediatria; 2020.
2. Kidney Disease: Improving Global Outcomes [homepage on the Internet]. KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease [citado 2026 Abr 11]. Disponível em: <https://kdigo.org/wp-content/uploads/2024/03/KDIGO-2024-CKD-Guideline.pdf>
3. Iatridi F, Carrero JJ, Cornec-Le Gall E, Del Vecchio L, Drechsler C, Heerspink HJ, et al [homepage on the Internet]. KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease in children and adults: commentary from the European Renal Best Practice [citado 2026 Abr 11]. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11792658/>
4. National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases [homepage on the Internet]. eGFR equations for children, adolescents, & young adults [citado 2026 Abr 11]. Disponível em: <https://www.niddk.nih.gov/research-funding/research-programs/kidney-clinical-research-epidemiology/>

[laboratory/glomerular-filtration-rate-equations/children-adolescents-young-adults](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2653687/)

5. Schwartz GJ, Muñoz A, Schneider MF, Mak RH, Kaskel F, Warady BA, et al [homepage on the Internet]. New equations to estimate GFR in children with CKD [citado 2026 Abr 11]. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2653687/>
6. Nogueira PC, Konstantyner T, Carvalho MF, Sesso R, Abreu CA, Andrade MC, et al [homepage on the Internet]. Development of a risk score for earlier diagnosis of chronic kidney disease in children [citado 11 Abr 2026]. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6474594/>
7. Nogueira PC, Paz IP. Signs and symptoms of developmental abnormalities of the genitourinary tract. J Pediatr (Rio J) 2016;92(Suppl 1):S46-S56.
8. Schor VM, Watanabe A, Andrade MC, Sesso R, Koch VH, Nogueira PC. Prospective cohort analyzing risk factors for chronic kidney disease progression in children. J Pediatr (Rio J). 2018;94:455-70.

Disclaimer: Parágrafos não referenciados correspondem à opinião e/ou prática clínica do(s) autor(es).

DOENÇAS RENAIS RARAS: DIAGNÓSTICO COMEÇA COM O PEDIATRA

Luciana dos Santos Henriques

Mestre em Pediatria com ênfase em Nefrologia Pediátrica pela FMUSP. Gerente médica de ensino no Hospital Israelita Albert Einstein. Vice-presidente do DC de Nefrologia da SPSP.

Maria Helena Vaisbich

Mestre e doutora em Nefrologia pela EPM/Unifesp. Professora de Medicina da Faculdade de Medicina Santo Amaro - UNISA. Ambulatório de Litíase e Tubulopatias da Nefrologia/Unifesp.

As doenças raras afetam aproximadamente 3,5% a 5,9% da população geral, o que equivale a 263 a 446 milhões de pessoas em todo o mundo.¹ No Brasil, estima-se que 13 milhões de pessoas sejam acometidas (Dados da Interfarma). Existem cerca de 5 a 8 mil doenças raras descritas, sendo que 71,9% têm origem genética e 69,9% têm início na faixa etária pediátrica.^{1,2} Embora individualmente incomuns, as doenças raras são comuns no conjunto delas, representando uma prioridade emergente de saúde pública global.^{3,4}

A definição de doença rara varia entre países e regiões. Nos Estados Unidos, uma doença rara é aquela que afeta menos de 200 mil pessoas na população total.^{4,5} Na União Europeia, uma doença rara é definida como qualquer doença que afeta menos de 5 pessoas em 10 mil (menos de 1 em 2.000 pessoas).^{5,6} No Brasil, particularmente na Nefrologia Pediátrica, as doenças renais raras correspondem a pelo menos 300 doenças diferentes, com grande impacto na prevalência da doença renal crônica (DRC) na infância, representando uma parcela significativa das crianças que progridem para terapia renal substitutiva (TRS),⁷ sendo que mais de 25% das crianças em TRS têm uma doença renal rara.⁸ Além disso, mais de 25% dos pacientes com DRC classe 5 têm ao menos um parente de primeiro ou segundo grau com DRC classe 5.⁹ Esse dado ilustra a importância das doenças genéticas na DRC.

Principais categorias de doenças raras em Nefrologia Pediátrica

• Ciliopatias

A nefronofise (NPHP) é uma doença renal cística autossômica recessiva e uma das causas genéticas mais frequentes de insuficiência renal em crianças e adolescentes.¹⁰ Mais de 20 genes causam NPHP e mais de 90 genes contribuem para ciliopatias renais. Cerca de 15-20% dos pacientes com NPHP apresentam sintomas extrarrenais, incluindo alterações na retina (síndrome de Senior-Loken), sistema nervoso central (síndrome de Joubert), fígado ou ossos.¹⁰

• Podocitopatias

A síndrome nefrótica córtico-resistente (SNCR) é responsável por 10% da DRC de início na infância.¹¹ Variantes patogênicas em genes como NPHS1, NPHS2, PLCE1, LAMB2, WT1 e TRPC6 contribuem com cerca de 25% das causas genéticas de SNCR na infância.¹²

• Tubulopatias

As tubulopatias renais hereditárias incluem síndromes

de Bartter e Gitelman, acidose tubular renal distal, doença de Dent, cistinúria e hiperoxalúria primária entre outras.^{13,14} Um estudo europeu demonstrou que o sequenciamento de 37 genes estabeleceu diagnóstico genético em 64% das crianças com diagnóstico clínico de tubulopatia.¹⁴

• Doenças da membrana basal

A síndrome de Alport, causada por mutações nos genes COL4A3, COL4A4 ou COL4A5, apresenta-se com proteinúria e hematúria e pode progredir para insuficiência renal.¹¹

• Nefrolitíase hereditária

Deficiência de adenina fosforribosiltransferase, cistinúria, hipomagnesemia familiar com hipercaleiúria e nefrocalcinose (FHHNC) e hiperoxalúria primária são causas raras, mas importantes de litíase renal grave e/ou doença renal crônica em crianças.¹³

• Doenças relacionadas à desregulação do sistema complemento

A síndrome hemolítico-urêmica atípica (SHUa) é uma doença rara caracterizada pela tríade de anemia hemolítica microangiopática, trombocitopenia e lesão renal aguda, causada por desregulação da via alternativa do complemento.¹⁶ A incidência é de aproximadamente 0,23-0,42 casos por milhão de habitantes/ano, com 35-42% dos casos ocorrendo em crianças menores de 18 anos.¹⁵

A glomerulopatia por C3 (C3G) é uma doença rara causada pela desregulação da via alternativa do complemento com deposição glomerular de fatores do complemento. Em uma coorte pediátrica nacional, anormalidades adquiridas (autoanticorpos anticomplemento) ou genéticas da via alternativa foram detectadas em 46% e 9% dos pacientes, respectivamente.¹⁶ Os fatores nefríticos C3 (C3NeFs), autoanticorpos que estabilizam a C3 convertase estão presentes em 40-80% dos pacientes.¹⁷

• Doenças com microangiopatia trombótica (MAT) não relacionadas ao complemento

A púrpura trombocitopênica trombótica congênita (PTTc) resulta de deficiência congênita de ADAMTS13 (protease que cliva o fator de von Willebrand), causada por variantes no gene ADAMTS13.¹⁸ A deficiência de cobalamina C (CblC) é um distúrbio autossômico recessivo do metabolismo da vitamina B12 causado por mutações no gene MMACHC.¹⁹ Mutações recessivas no gene DGKE (diacilglicerol quinase épsilon) causam uma forma distinta de MAT não mediada pelo

complemento.²⁰ A incidência é extremamente rara: 0,009 casos por milhão/ano.²⁰

• Anomalias do desenvolvimento

Constituem a principal causa de DRC em crianças, representando 40-50% dos casos de insuficiência renal crônica pediátrica.^{21,22} Essas condições, conhecidas coletivamente como anomalias congênitas dos rins e do trato urinário (CAKUT, do inglês *congenital anomalies of the kidney and urinary tract*), afetam mais de 1% dos nascidos vivos.²² Os genes PAX2 e HNF1B são os mais comumente associados a CAKUT isolada.²²

Não existem protocolos de triagem populacional universal para doenças renais raras em crianças, mas há recomendações específicas baseadas em fatores de risco e apresentações clínicas que orientam a identificação precoce.²³ A abordagem é direcionada a populações de alto risco e crianças com manifestações clínicas sugestivas.

Triagem baseada em fatores de risco

O KDIGO 2024 (*Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease*) recomenda que crianças e adolescentes sejam encaminhados para cuidados nefrológicos especializados nas seguintes circunstâncias: relação albumina/creatinina urinária ≥ 30 mg/g (3 mg/mmol) ou relação proteína/creatinina ≥ 200 mg/g (20 mg/mmol) confirmada em amostra matinal repetida; hematúria persistente; qualquer diminuição sustenta-

da da taxa de filtração glomerular estimada; hipertensão; obstrução do trato urinário ou anomalias renais e do trato urinário; doença renal crônica conhecida ou suspeita; ou infecção urinária recorrente.²³

Para avaliação inicial de proteinúria/albuminúria em crianças, o KDIGO recomenda obter amostra de urina da primeira micção matinal, preferencialmente testando tanto relação proteína/creatinina quanto albumina/creatinina, pois o teste exclusivo de albuminúria pode perder a proteinúria tubular, comum em crianças com anomalias congênitas do rim e trato urinário (CAKUT).²³

Importância do papel do teste genético

O diagnóstico molecular é fundamental. O teste genético não é triagem populacional, mas está indicado em situações específicas que sugerem doença renal hereditária:²⁴

- História familiar de doença renal, diálise ou transplante renal
- Consanguinidade
- Manifestações extrarrenais
- Características dismórficas ou sindrômicas
- Insuficiência renal em idade jovem (<50 anos)
- Doença renal cística
- Síndrome nefrótica córtico-resistente
- Hematúria glomerular crônica ou proteinúria de causa incerta
- Doença renal crônica de início na infância



Triagem neonatal genética

Embora a triagem neonatal tradicional baseada em metabólitos seja bem estabelecida para 29-34 condições principais, a triagem neonatal para doenças renais raras não é rotina.^{25,26} O sequenciamento de nova geração (NGS) é empregado como ferramenta de triagem para algumas condições específicas.

Um bom exemplo na triagem para doenças raras é triagem em famílias com doença renal policística autossômica dominante. Para doença renal policística autossômica dominante (ADPKD), o KDIGO 2025 recomenda que a decisão sobre triagem/diagnóstico de crianças em risco seja tomada de forma compartilhada, incluindo pais/responsáveis legais e a criança madura, com aconselhamento por equipe incluindo nefrologista pediátrico e geneticista.²⁷ A ultrassonografia é o método de imagem preferido. A presença de um único cisto renal em criança em risco (<15 anos) é altamente sugestiva de ADPKD, mas a ausência de cistos não exclui o diagnóstico.²⁷

Em síntese, as doenças renais raras ainda enfrentam como principal desafio o longo tempo até o diagnóstico, frequentemente acompanhado por múltiplas avaliações médicas, custos elevados e risco de condutas inadequadas. Nesse contexto, a genética surge como ferramenta essencial para transformar a jornada do paciente, permitindo diagnósticos mais precisos, terapias direcionadas, melhor prognóstico e aconselhamento familiar adequado. A identificação precoce de sinais clínicos sugestivos e a escolha racional dos testes genéticos – guiadas fundamentalmente pelo fenótipo – são fundamentais para encurtar esse percurso e evitar exames desnecessários.

Apesar dos avanços, persistem importantes barreiras no Brasil, como falta de educação médica que diminui o índice de suspeição, acesso limitado a exames, desigualdades regionais e lacunas na formação em genética. Superar esses desafios exige ações coordenadas em diferentes níveis, incluindo educação continuada, organização de fluxos assistenciais, ampliação do acesso a exames e integração en-

tre especialidades. Sendo doenças com baixa prevalência, o recurso da criação de registros – sejam locais, regionais, continentais – é muito relevante para conhecimento da história natural da doença, das suas particularidades regionais, identificação de casos para estudos clínicos, entre outros dados epidemiológicos. A incorporação progressiva de tecnologias e terapias, aliada ao fortalecimento de redes de cuidado e políticas públicas, é crucial para garantir diagnóstico oportuno e manejo adequado, promovendo melhores desfechos para pacientes com nefropatias hereditárias.

Mensagem final das autoras

As doenças renais raras representam um importante desafio para a Pediatria, exigindo elevado grau de suspeição clínica e abordagem multidisciplinar. O pediatra ocupa papel central na identificação precoce dos sinais de alerta, no encaminhamento oportuno e na coordenação do cuidado dessas crianças juntamente com o especialista. A integração entre avaliação clínica, exames laboratoriais, métodos de imagem e testes genéticos possibilita diagnósticos mais precisos, terapias individualizadas e adequado aconselhamento familiar. Investir na educação médica continuada, ampliar o acesso ao diagnóstico molecular e fortalecer redes de referência são medidas fundamentais para reduzir o tempo até o diagnóstico e melhorar o prognóstico. Reconhecer precocemente essas doenças é o primeiro passo para transformar a história natural de muitos pacientes e oferecer um cuidado mais efetivo, humanizado e baseado em evidências.

Referências

1. Nguengang Wakap S, Lambert DM, Olry A, Rodwell C, Gueydan C, Lanneau V, et al. Estimating cumulative point prevalence of rare diseases: analysis of the Orphanet database. *Eur J Hum Genet*. 2020;28:165-73. doi: 10.1038/s41431-019-0508-0
2. Klimova B, Storek M, Valis M, Kuca K. Global view on rare diseases: a mini review. *Curr Med Chem*. 2017;24:3153-8. doi: 10.2174/0929867324666170510111805
3. Baynam G, Hartman AL, Letinturier MC, Pavey W, Gahl WA, Groft SC, et al. Global health for rare diseases through primary care. *Lancet Glob Health*. 2024;12:e230-e2. doi: 10.1016/S2214-109X(23)00523-7
4. Groft SC, Posada M, Taruscio D. Progress, challenges and global approaches to rare diseases. *Acta Paediatr*. 2021;110:2711-6. doi: 10.1111/apa.15948
5. European Commission [homepage on the Internet]. Rare diseases [citado 3 Ago 2026]. Disponível em: https://health.ec.europa.eu/non-communicable-diseases/expert-group-public-health/rare-diseases_en
6. Taruscio D, Floridia G, Salvatore M, Groft SC, Gahl WA. Undiagnosed diseases: Italy-US collaboration and international efforts to tackle rare and common diseases lacking a diagnosis. *Adv Exp Med Biol*. 2017;1031:25-38. doi: 10.1007/978-3-319-67144-4_2
7. Dewuyt O, Knoers NV, Remuzzi G, Schaefer F, et al. Rare inherited kidney diseases: challenges, opportunities, and perspectives. *Lancet*. 2014;383:1844-59. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60659-0
8. Wühl E, van Stralen KJ, Wanner C, Asarad K, Degl'Innocenti ML, Jankauskienė A, et al. Renal replacement therapy for rare diseases affecting the kidney: an analysis of the ERA-EDTA Registry. *Nephrol Dial Transplant*. 2014;29(Suppl 4):iv1-v8. doi: 10.1093/ndt/gfu030
9. Hays T, Groopman EE, Gharai AG. Genetic testing for kidney disease of unknown etiology. *Kidney Int*. 2020;98:590-600. doi: 10.1016/j.kint.2020.03.031
10. Wolf MT, Bonsib SM, Larsen CP, Hildebrandt F. Nephronophthisis: a pathological and genetic perspective. *Pediatr Nephrol*. 2024. doi: 10.1007/s00467-024-2329-z
11. Schapiro D, Daga A, Lawson JA, Gee HY, Tan W, Kitzler TM, et al. Panel sequencing distinguishes monogenic forms of nephritis from nephrosis in children. *Nephrol Dial Transplant*. 2019;34:283-91. doi: 10.1093/ndt/gfy098
12. Vivarelli M, Gibson K, Sinha A, Boyer O. Childhood nephrotic syndrome. *Lancet*. 2023;402:839-52. doi: 10.1016/S0140-6736(23)00950-4
13. Edvardsson VO, Goldfarb DS, Lieske JC, Beara-Lasic L, Anglini F, Milliner DS, et al. Hereditary causes of kidney stones and chronic kidney disease. *Pediatr Nephrol*. 2013;28:1923-42. doi: 10.1007/s00467-012-2329-z
14. Ashton EJ, Legrand A, Benoit V, Roncetti I, Laurain A, Chauveau D, et al. Simultaneous sequencing of 37 genes identified causative mutations in the

- majority of children with renal tubulopathies. *Kidney Int*. 2018;93:961-7. doi: 10.1016/j.kint.2017.10.016
15. Pugh D, O'Sullivan ED, Duthie PA, Masson P, Kavanagh D. Interventions for atypical haemolytic uraemic syndrome. *Cochrane Database Syst Rev*. 2021;11:CD012676. doi: 10.1002/14651858.CD012676.pub2
16. Wong EK, Marchbank KJ, Lomax-Browne H, Arnold L, Batis N, Challis RC, et al. C3 glomerulopathy and related disorders in children: etiology-phenotype correlation and outcomes. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2021;16:407-21. doi: 10.2215/CJN.12030720
17. Noris M, Donadelli R, Remuzzi G. Autoimmune abnormalities of the alternative complement pathway in membranoproliferative glomerulonephritis and C3 glomerulopathy. *Pediatr Nephrol*. 2019;34:1475-87. doi: 10.1007/s00467-018-4041-8
18. Kremer Hovinga JA, Heeb SR, Skowronski M, Schaller M. Pathophysiology of thrombotic thrombocytopenic purpura and hemolytic uremic syndrome. *J Thromb Haemost*. 2018;16:618-29. doi: 10.1111/jth.13956
19. Koenig JC, Rutsch F, Bockmeyer C, Hartmann H, Buchtala L, Das AM, et al. Nephrotic syndrome and thrombotic microangiopathy caused by cobalamin C deficiency. *Pediatr Nephrol*. 2015;30:1209-12. doi: 10.1007/s00467-014-3010-4
20. Brocklebank V, Kumar G, Howie AJ, Sharma O, Ture SK, Patel A, et al. Long-term outcomes and response to treatment in diacylglycerol kinase epsilon nephropathy. *Kidney Int*. 2020;97:1260-74. doi: 10.1016/j.kint.2019.12.019
21. Kolvenbach CM, Shril S, Hildebrandt F. The genetics and pathogenesis of CAKUT. *Nat Rev Nephrol*. 2023;19:515-34. doi: 10.1038/s41581-023-00698-2
22. Mahmoud AH, Talaat IM, Tili A, Hamoudi R. Congenital anomalies of the kidney and urinary tract. *Front Med (Lausanne)*. 2024;11:1326628. doi: 10.3389/fmed.2024.1326628
23. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2024 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney Int*. 2024;105:S1-S150.
24. Vivante A. Genetics of chronic kidney disease. *N Engl J Med*. 2024;390:1680-92. doi: 10.1056/NEJMa2308897
25. Bodurtha J, Strauss JF. Genomics and perinatal care. *N Engl J Med*. 2012;366:64-73. doi: 10.1056/NEJMa1109341
26. Weismiller DG. Expanded newborn screening: information and resources for the family physician. *Am Fam Physician*. 2017;95:703-4.
27. Torres VE, Ahn C, Barten TR, Chapman AB, Garsevanishvili M, Gansevoort RT, et al. KDIGO 2025 Clinical Practice Guideline for the Evaluation, Management, and Treatment of Autosomal Dominant Polycystic Kidney Disease (ADPKD): Executive Summary. *Kidney Int*. 2025.

Disclaimer: Parágrafos não referenciados correspondem à opinião e/ou prática clínica do(s) autor(es).

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM NEFROLOGIA PEDIÁTRICA

Flávio de Oliveira Ihara

Assistente do ambulatório de Nefrologia Pediátrica do Hospital Municipal Infantil Menino Jesus. Secretário do DC de Nefrologia da SPSP.

A incorporação de tecnologias baseadas em inteligência artificial (IA) representa uma das transformações mais relevantes da Medicina contemporânea. Esses sistemas utilizam métodos avançados de análise de dados para reconhecer padrões complexos em grandes volumes de informações clínicas, laboratoriais e de imagem, permitindo apoiar o raciocínio diagnóstico e a tomada de decisões terapêuticas.

Nos últimos anos, a crescente digitalização dos sistemas de saúde e a ampliação das bases de dados clínicos têm impulsionado o desenvolvimento de ferramentas baseadas em aprendizado de máquina com potencial aplicação em diversas especialidades médicas.¹

A Nefrologia constitui um campo particularmente propício para a aplicação dessas tecnologias. O acompanhamento de pacientes com doenças renais envolve monitoramento longitudinal de múltiplos parâmetros clínicos e laboratoriais, além da integração de dados provenientes de exames de imagem, biópsias renais e terapias complexas. Nesse cenário, modelos computacionais capazes de analisar simultaneamente grande número de variáveis podem

auxiliar na identificação precoce de padrões clínicos associados a risco de complicações ou progressão da doença.²

Na Nefrologia Pediátrica, o interesse pela IA é ainda maior. Muitas doenças renais da infância apresentam baixa prevalência e grande heterogeneidade clínica, o que frequentemente limita a realização de estudos clínicos tradicionais com grande número de pacientes. A utilização de algoritmos capazes de explorar grandes bases de dados pode contribuir para superar parte dessas limitações e ampliar o conhecimento sobre fatores prognósticos e respostas terapêuticas nessa população.^{1,2}

Nos últimos anos, diferentes aplicações da IA vêm sendo investigadas nesse campo, incluindo modelos de predição de lesão renal aguda, sistemas de suporte à decisão clínica em unidades de terapia intensiva pediátrica, análise automatizada de imagens histopatológicas e desenvolvimento de estratégias de Medicina de precisão. Embora ainda em fase de consolidação, essas iniciativas indicam um papel crescente da IA no cuidado de crianças com doenças renais.¹⁻³

A Tabela 1 apresenta um resumo dos principais termos utilizados em IA em Medicina.

Tabela 1 – Glossário dos principais termos de IA em Medicina

Termo	Significado prático
<i>Machine learning</i>	Técnica de IA que permite ao sistema aprender padrões a partir de dados clínicos e realizar previsões ou classificações sem programação explícita para cada situação
<i>Deep learning</i>	Subárea do <i>machine learning</i> baseada em redes neurais com múltiplas camadas, especialmente útil para análise de dados complexos, como imagens médicas
<i>Digital twins</i>	Modelos virtuais que representam um paciente real, utilizando dados clínicos e laboratoriais para simular evolução da doença e possíveis respostas a tratamentos
<i>Random forest</i>	Algoritmo que combina múltiplas árvores de decisão independentes, agregando seus resultados para produzir previsões mais robustas e com menor risco de erro
<i>Gradient boosting</i>	Método que constrói modelos de forma sequencial em que cada etapa corrige os erros da anterior, aumentando gradualmente a precisão das previsões
XGBoost (<i>extreme gradient boosting</i>)	Versão otimizada do <i>gradient boosting</i> , amplamente utilizada por sua alta eficiência, rapidez e excelente desempenho em modelos preditivos

Fonte: Elaborada pelo autor.

Fundamentos da IA aplicados à medicina

A IA engloba um conjunto de métodos computacionais capazes de aprender a partir de dados e realizar tarefas analíticas complexas. No contexto médico, a maioria das aplicações baseia-se em técnicas de aprendizado de máquina (*machine learning*), nas quais algoritmos são treinados utilizando conjuntos de dados clínicos para identificar relações entre variáveis e desfechos clínicos específicos.¹

De forma simplificada, os modelos de aprendizado de máquina podem ser classificados em três categorias principais. O aprendizado supervisionado utiliza dados previamente rotulados para prever eventos clínicos, como o desenvolvimento de lesão renal aguda ou a progressão de doença renal crônica. O aprendizado não supervisionado busca identificar padrões ou subgrupos de pacientes dentro de grandes bases de dados, permitindo reconhecer diferentes fenótipos clínicos. Já o aprendizado profundo (*deep learning*), baseado em redes neurais artificiais multicamadas, apresenta particular utilidade na análise de dados complexos, como imagens médicas e sinais fisiológicos.³

Entre os algoritmos mais utilizados em aplicações clínicas destacam-se regressão logística avançada, floresta de decisão aleatória (*random forest*), reforço de gradiente (*gradient boosting*) e redes neurais artificiais. Esses modelos são capazes de analisar simultaneamente grande número de

variáveis clínicas e laboratoriais, permitindo o desenvolvimento de ferramentas preditivas potencialmente mais sensíveis do que modelos estatísticos tradicionais em determinados contextos clínicos.²

Aplicações clínicas da IA em Nefrologia Pediátrica

• Predição de lesão renal aguda

A aplicação mais amplamente estudada da IA em Nefrologia Pediátrica é a predição precoce de lesão renal aguda (LRA). Essa condição permanece uma complicação frequente em pacientes hospitalizados, particularmente em unidades de terapia intensiva pediátrica, estando associada a aumento de morbidade, mortalidade e risco de doença renal crônica em longo prazo.³

Um dos principais desafios clínicos no manejo da LRA é sua identificação precoce. Os marcadores laboratoriais tradicionais, como a creatinina sérica, frequentemente apresentam elevação tardia após a ocorrência de injúria renal. Nesse contexto, algoritmos de aprendizado de máquina têm sido desenvolvidos para analisar simultaneamente múltiplos parâmetros clínicos e laboratoriais, incluindo idade, sinais vitais, balanço hídrico, uso de medicamentos e exames laboratoriais seriados com o objetivo de identificar pacientes com maior risco de desenvolver LRA antes do aparecimento de alterações laboratoriais evidentes.³



Modelos como XGBoost (reforço de gradiente extremo), regressão logística aprimorada e redes neurais artificiais demonstraram desempenho promissor em diferentes estudos, com boa capacidade discriminatória para estratificação de risco. Estudos recentes demonstram desempenho robusto desses modelos, com áreas sob a curva (AUC) frequentemente superiores a 0,85 na predição de LRA em populações pediátricas, com alguns modelos alcançando valores próximos a 0,90 em coortes específicas.¹⁻³ Em cenários neonatais, modelos validados externamente, como o STARZ, apresentaram AUC entre 0,93 e 0,96, sugerindo elevada capacidade discriminatória mesmo em populações heterogêneas.¹ Esses resultados indicam potencial superior aos modelos clínicos tradicionais baseados em variáveis isoladas, especialmente quando integrados a sistemas de monitoramento contínuo, podendo gerar alertas clínicos em tempo real, permitindo intervenções precoces e estratégias preventivas mais eficazes.^{2,3}

Outra aplicação relevante da IA na Pediatria é o desenvolvimento de sistemas de suporte à decisão clínica, capazes de integrar informações provenientes de diferentes fontes de dados e oferecer recomendações ou alertas clínicos para os profissionais de saúde.⁴

Na Nefrologia Pediátrica, essas ferramentas podem contribuir para a identificação precoce de deterioração da função renal, reconhecimento de padrões de sobrecarga hídrica e monitorização de pacientes críticos. Ao sintetizar grandes volumes de dados clínicos em tempo real, esses sistemas podem reduzir a sobrecarga cognitiva das equipes assistenciais e apoiar decisões clínicas em ambientes de alta complexidade, como unidades de terapia intensiva pediátrica.⁴

Outras aplicações

• Doença renal crônica e CAKUT

Na doença renal crônica (DRC), a IA tem sido aplicada na estratificação de risco e na predição de progressão da doença. Modelos que integram variáveis clínicas, laboratoriais e demográficas permitem identificar subgrupos de pacientes com maior risco de declínio da função renal, contribuindo para intervenções mais precoces e individualizadas.^{1,3}

Em crianças com anomalias congênitas dos rins e do trato urinário (CAKUT, do *inglês congenital anomalies of the kidney and urinary tract*), a IA pode auxiliar na classificação fenotípica e na previsão de desfechos, como progressão para DRC ou necessidade de terapia renal substitutiva.¹ Essas aplicações são particularmente relevantes devido à heterogeneidade dessas condições e à variabilidade evolutiva entre os pacientes.

• Transplante renal pediátrico

No transplante renal, modelos de IA vêm sendo explorados para prever rejeição, perda do enxerto e complicações pós-transplante.^{1,3}

A integração de dados clínicos, imunológicos e laboratoriais permite o desenvolvimento de modelos preditivos que podem auxiliar na individualização da imunossupressão e na detecção precoce de disfunção do enxerto. Embora ainda em fase de desenvolvimento, essas ferramentas

representam um avanço importante em direção à medicina personalizada no transplante pediátrico.

• Diálise

Na diálise pediátrica, a IA pode ser utilizada para otimizar parâmetros terapêuticos, como ultrafiltração, balanço hídrico e adequação dialítica.²

Modelos preditivos podem auxiliar na identificação de complicações, como instabilidade hemodinâmica ou falha de técnica, além de contribuir para a individualização do tratamento, especialmente em pacientes com maior complexidade clínica.

• Análise de imagens e biópsias renais

O avanço das técnicas de *deep learning* também tem ampliado as possibilidades de aplicação da IA na análise de imagens médicas. Em Nefrologia, algoritmos treinados com lâminas histopatológicas digitalizadas podem identificar e quantificar automaticamente alterações estruturais renais, como esclerose glomerular, fibrose intersticial e inflamação tubular.¹

Essas ferramentas apresentam potencial para aumentar a padronização da interpretação histopatológica e reduzir a variabilidade interobservador, contribuindo para avaliações diagnósticas mais consistentes e potencialmente para melhor estratificação prognóstica em diferentes doenças renais.

• Digital twins

Dentro do avanço das estratégias de medicina de precisão e da evolução dos modelos preditivos, os *digital twins* (gêmeos digitais) representam uma das aplicações mais inovadoras da IA na prática clínica. Esses modelos computacionais integram dados clínicos, laboratoriais, demográficos e, potencialmente, genômicos para construir uma representação virtual dinâmica de um paciente individual e permitem simular a evolução da doença ao longo do tempo e testar, em ambiente virtual, diferentes estratégias terapêuticas antes de sua aplicação clínica, configurando uma abordagem promissora para a medicina de precisão.^{1,3} Na Nefrologia Pediátrica, essa tecnologia é particularmente relevante devido à heterogeneidade das doenças renais e à limitação de evidências provenientes de estudos clínicos tradicionais, possibilitando a geração de hipóteses e a personalização do cuidado em populações de menor tamanho amostral.^{1,2} Além disso, os *digital twins* podem ser integrados a sistemas de suporte à decisão clínica, contribuindo para a predição de desfechos e otimização de intervenções terapêuticas.⁴ Contudo, sua implementação ainda enfrenta desafios significativos, incluindo necessidade de validação externa, padronização de dados, infraestrutura tecnológica e questões éticas relacionadas à privacidade e ao uso seguro das informações dos pacientes.^{2,5}

Desafios para implementação clínica

Apesar do entusiasmo crescente em torno dessas tecnologias, a incorporação da IA na prática clínica ainda enfrenta importantes desafios. Muitos algoritmos são desenvolvidos a partir de bases de dados retrospectivas e provenientes de centros únicos, o que pode limitar sua generalização para diferentes populações pediátricas. A validação externa

em coortes multicêntricas é considerada etapa fundamental para garantir robustez e segurança dessas ferramentas.^{1,2}

Outro aspecto relevante refere-se à heterogeneidade da população pediátrica, que inclui diferentes faixas etárias e condições clínicas. Essa diversidade exige bases de dados amplas e representativas para treinamento adequado dos modelos.

Questões éticas também devem ser consideradas, incluindo proteção de dados sensíveis, transparência dos algoritmos e garantia de que decisões clínicas permaneçam sob responsabilidade do profissional de saúde. Diretrizes recentes enfatizam que a IA deve ser utilizada como ferramenta de apoio ao raciocínio clínico e não como substituto da avaliação médica.⁵

As principais aplicações da IA em Nefrologia Pediátrica e suas limitações estão na Tabela 2.

A IA representa uma ferramenta emergente com potencial significativo para transformar a prática da Nefrologia Pediátrica, ampliando a capacidade de predição de eventos clínicos, integração de dados complexos e personalização do cuidado. Aplicações como a predição de lesão renal aguda, os sistemas de suporte à decisão clínica e a análise automatizada de imagens já demonstram resultados promissores em diferentes contextos assistenciais.

Entretanto, a maioria dessas ferramentas ainda se encontra em fase de validação, com predominância de estudos retrospectivos e necessidade de avaliação prospectiva em cenários clínicos reais. A adoção segura dessas tecnologias dependerá da realização de estudos multicêntricos, da validação externa dos algoritmos e da integração estruturada aos sistemas de saúde.

Nesse contexto, a IA não substitui o julgamento clínico, mas o potencializa. Seu maior valor reside na capacidade de

transformar dados em informação clinicamente relevante, contribuindo para decisões mais precoces, precisas e individualizadas no cuidado de crianças com doenças renais.

Mensagem final do autor

A IA amplia de forma significativa a capacidade de análise de dados e apoio à decisão clínica em Nefrologia Pediátrica. Seu potencial reside na identificação precoce de riscos e na personalização do cuidado, especialmente em cenários complexos e heterogêneos. Mais do que uma nova ferramenta, a IA expande o alcance do raciocínio clínico e seu valor se concretiza quando aplicada com rigor científico e centrada no cuidado da criança.

Referências

1. Pellegrino G, Strippoli GF. Artificial intelligence in pediatric nephrology: current applications and emerging frameworks for evidence generation. *Pediatr Nephrol*. 2026; doi: 10.1007/s00467-026-07223-8

2. Thadani S, Horvat CM, Silos C, Sutherland B, Dolan K, Chen J, et al. Current status and future directions for the use of artificial intelligence in pediatric critical care nephrology. *Pediatr Nephrol*. 2025; doi: 10.1007/s00467-025-07019-2

3. Raina R, Nada A, Shah R, Aly H, Kadatane S, Abitbol C, et al. Artificial intelligence in early detection and prediction of pediatric/neonatal acute kidney injury: current status and future directions. *Pediatr Nephrol*. 2024;39:2309-24. doi: 10.1007/s00467-023-06191-7

4. Ramgopal S, Sanchez-Pinto LN, Horvat CM, Carroll MS, Luo Y, Florin TA. Artificial intelligence-based clinical decision support in pediatrics. *Pediatr Res*. 2023;93:334-41. doi: 10.1038/s41390-022-02226-1

5. Tangri N, Cheungpasitporn W, Crittenden SD, Fornoni A, Peralta CA, Singh K, et al. Responsible Use of Artificial Intelligence to Improve Kidney Care: A Statement from the American Society of Nephrology. *J Am Soc Nephrol*. 2025; doi: 10.1681/ASN.00000000929

Disclaimer: Parágrafos não referenciados correspondem à opinião e/ou prática clínica do(s) autor(es).

Tabela 2 – Principais aplicações da IA em Nefrologia Pediátrica

Área de aplicação	Exemplo de uso clínico	Potencial impacto	Limitações atuais
Predição de lesão renal aguda	Modelos preditivos com dados clínicos e laboratoriais	Identificação precoce de pacientes de alto risco	Falta de validação externa ampla
Doença renal crônica	Modelos de <i>machine learning</i> para estratificação de risco	Identificação de pacientes com maior risco e intervenção precoce	Heterogeneidade das doenças renais
Análise de biópsias renais	<i>Deep learning</i> em histopatologia digital	Maior padronização e reprodutibilidade diagnóstica	Necessidade de padronização de imagens
Transplante renal	Modelos de predição de rejeição, perda do enxerto e complicações pós-transplante	Individualização da imunossupressão e detecção precoce da disfunção do enxerto	Variabilidade de protocolos e complexidade dos dados imunológicos
Diálise	Otimização de parâmetros terapêuticos como ultrafiltração, adequação e balanço hídrico	Identificação precoce de complicações, instabilidade hemodinâmica e falha de técnica	Integração dos modelos aos sistemas clínicos

Fonte: Adaptado de Pellegrino & Strippoli¹ e Thadani, et al.²



A Revista Paulista de Pediatria destina-se à publicação de artigos originais, de revisão e relatos de casos clínicos de investigação metodológica com abordagem na área da saúde e pesquisa de doenças dos recém-nascidos, lactantes, crianças e adolescentes.

Para submeter novos manuscritos [clique aqui](#).

Normas de publicação da revista estão disponíveis em formato PDF. [Baixe agora](#).

RPPED

SOCIEDADE DE PEDIATRIA DE SÃO PAULO