

MONITORIZACIÓN DE LA HEMODINÁMICA VASCULAR MEDIANTE ULTRASONIDO DOPPLER COMO PREDICTOR CRÍTICO EN EL RECHAZO AGUDO ACELERADO DEL TRANSPLANTE RENAL PEDIÁTRICO.

Vascular hemodynamic monitoring by doppler ultrasound as a critical predictor in accelerated acute rejection of pediatric renal transplantation.

César Augusto Ramírez Cotrina^{1,4}, José Luis Sánchez Fernández², Jhoan Osmar Briones Meléndez³

¹ Médico Radiólogo

² Residente de Radiología del tercer año Universidad Peruana Cayetano Heredia

³ Residente de Radiología del tercer año Universidad Nacional de Cajamarca

⁴ Hospital Nacional Cayetano Heredia, Lima, Perú.



Palabras clave:

Trasplante renal, pediatría, ultrasonido Doppler, índice de resistencia, rechazo agudo acelerado, Banff, C4d.

RESUMEN

Introducción: El éxito del trasplante renal pediátrico depende de una detección precoz de complicaciones inmunológicas, donde el Índice de Resistencia (IR) actúa como un signo vital de la microvasculatura.¹

Presentación del caso: Se presenta el caso de un receptor masculino de 7 años (donante vivo, madre) que, tras una estabilidad postoperatoria inicial con IR normales, desarrolló un rechazo agudo acelerado mediado por anticuerpos (Banff Categoría 2).^{2,3} La monitorización secuencial con Doppler por un radiólogo experto permitió documentar la progresión del IR desde la normalidad hasta la ausencia total e inversión parcial del flujo diastólico (IR = 1.0) y el infarto masivo.¹⁴

Conclusiones: La monitorización longitudinal es imperativa para mapear la historia natural del rechazo vascular y guiar intervenciones urgentes.

Keywords:

kidney transplantation, pediatrics, Doppler ultrasound, resistive index, accelerated acute rejection, Banff Classification, C4d.

ABSTRACT

Background: Success in pediatric kidney transplantation relies on early detection of immunological complications. The Resistive Index (RI) serves as a vital sign of the graft's microvasculature.

Case presentation: We report a 7-year-old male recipient who, after initial post-operative stability (RI < 0.70), developed active antibody-mediated accelerated acute rejection (Banff Category 2). Sequential Doppler monitoring documented RI progression from normal levels to a total loss of diastolic flow (RI = 1.0) and eventual graft infarction.

Conclusions: Longitudinal Doppler monitoring by an expert radiologist is mandatory to map the natural history of vascular rejection and guide urgent intervention.

¹ Médico Radiólogo.

² Residente de Radiología del tercer año Universidad Peruana Cayetano Heredia.

³ Residente de Radiología del tercer año Universidad Nacional de Cajamarca

⁴ Hospital Nacional Cayetano Heredia, Lima, Perú.

Correspondencia:

César Ramírez Cotrina

E-mail: cramirez4242@gmail.com

Disponible en internet:

2810-6654 / © 2026 Sociedad Peruana de Radiología

INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTOS HEMODINÁMICOS

En el postrasplante inmediato, el análisis Doppler de las arterias interlobares y la arteria renal es la herramienta primordial para evaluar la viabilidad del injerto.¹³ Como radiólogos expertos, debemos descomponer el espectro Doppler en dos fases críticas que reflejan la interacción entre el receptor y el órgano:

1. **Fase Sistólica (PSV):** Representa la extensión de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo; refleja la energía cinética y la fuerza de perfusión proporcionada por el sistema cardiovascular sistémico.^{1, 6}
2. **Fase Diastólica (EDV):** Es la respuesta del lecho vascular distal; actúa como indicador de la receptividad y capacitancia del parénquima renal ante el flujo entrante.^{7, 8}

El Índice de Resistencia (IR) cuantifica esta relación mediante la fórmula: $(PSV - EDV) / PSV$.^{7,15} En un injerto pediátrico sano, el rango fisiológico oscila entre 0.5 y 0.7.^{3,10} Un incremento progresivo por encima de 0.80 es un marcador de alta impedancia, indicativo de edema intersticial o inflamación que comprime la microvasculatura.⁵

ANÁLISIS DEL CASO: CATÁSTROFE HEMODINÁMICA EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO

El valor del radiólogo experto radicó en realizar una monitorización secuencial que alertó sobre las variaciones críticas del IR control tras control.¹⁶

- Estabilidad (24-27 de abril): Durante el segundo y tercer día, el injerto mostró una dinámica de baja resistencia con $IR < 0.70$, indicando un lecho vascular abierto y receptivo.³

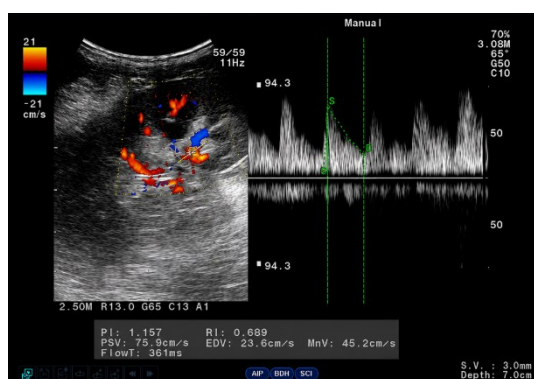


Figura 1: ultrasonido del 24/04/26: riñón trasplantado en fosa iliaca derecha de morfología y ecogenidad normal, adecuado flujo vascular con el Doppler color. Espectro de baja resistencia con índice de resistencia (IR) normal: 0.689.

- Disfunción Temprana (29 de abril): La aparición de anuria súbita coincidió con una elevación crítica de la impedancia, registrando IR de 0.82 a 0.98. En este punto, el componente diastólico (la respuesta del lecho) comenzó a colapsar por la presión del edema y la inflamación aguda.^{3, 8}

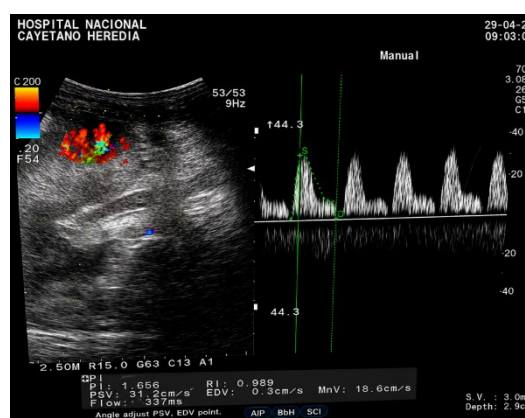


Figura 2: Ultrasonido de 29/04/26: riñón trasplantado en fosa iliaca derecha de ecogenidad incrementada en forma difusa con pérdida de la diferenciación cortico medular, flujo vascular disminuido con el Doppler color. Espectro de alta resistencia con índice de resistencia (IR): 0.989 (nótese que la diástole empieza acortarse).

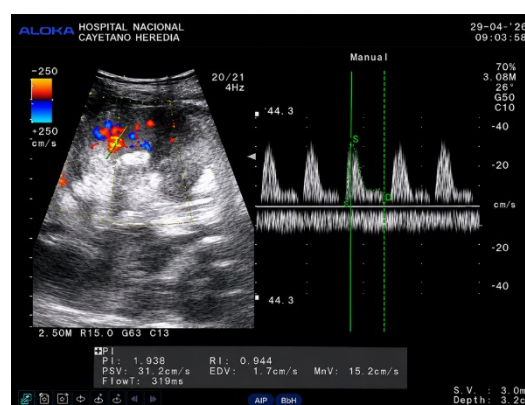


Figura 3: Ultrasonido de 29/04/26: riñón trasplantado en fosa iliaca derecha de ecogenidad incrementada en forma difusa con pérdida de la diferenciación cortico medular, flujo vascular disminuido con el Doppler color. Espectro de alta resistencia con índice de resistencia (IR): 0.944 (nótese que la diástole empieza acortarse).

- Resistencia Extrema e IR de 1.0 (04-06 de mayo): Se documentó la ausencia total de flujo diastólico.⁴ Hemodinámicamente, la presión intersticial igualó a la presión de perfusión diastólica, impidiendo la entrada de sangre al final del ciclo cardíaco.^{6, 7}

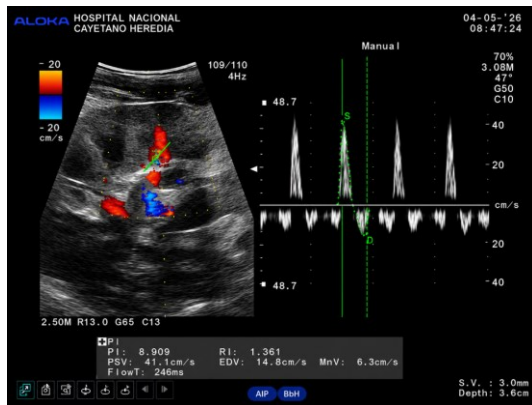


Figura 4: Ultrasonido de 04/05/26: riñón trasplantado en fosa iliaca derecha muestra persistente incremento de su ecogenicidad en forma difusa con pérdida de la diferenciación cortico medular, flujo vascular disminuido con el Doppler color. Espectro de muy alta resistencia con índice de resistencia (IR): 1.361 (nótese la similitud de un espectro de una arteria periférica, diástole reversa parcial).

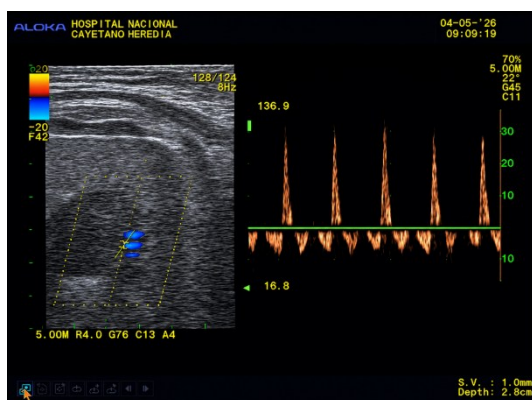


Figura 5: Ultrasonido de 04/05/26: riñón trasplantado en fosa iliaca derecha muestra persistente incremento de su ecogenicidad en forma difusa con pérdida de la diferenciación cortico medular, flujo vascular disminuido con el Doppler color. Espectro de muy alta resistencia con índice de resistencia (IR): 1.361 (nótese la similitud de un espectro de una arteria periférica, diástole reversa parcial).

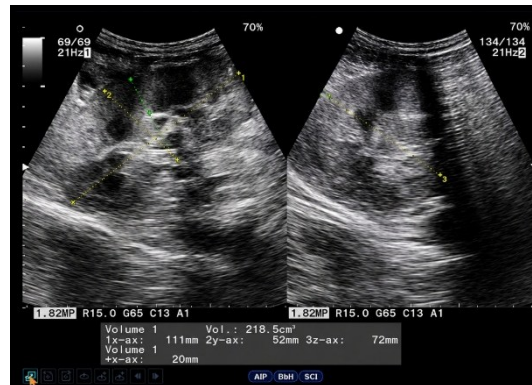


Figura 6: Ultrasonido de 06/05/26: riñón trasplantado en fosa iliaca derecha muestra persistente incremento de su ecogenicidad en forma difusa con pérdida de la diferenciación cortico medular.

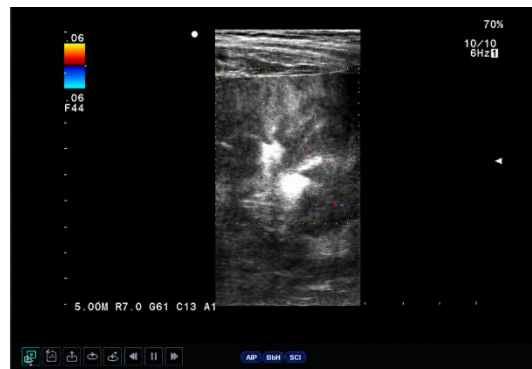


Figura 7: Ultrasonido de 06/05/26, con transductor lineal: riñón trasplantado en fosa iliaca derecha muestra persistente incremento de su ecogenicidad en forma difusa con pérdida de la diferenciación cortico medular, no se observa flujo vascular con el Doppler color a nivel del polo inferior del injerto.



Figura 8: Ultrasonido de 06/05/26: riñón trasplantado en fosa iliaca derecha muestra persistente incremento de su ecogenicidad en forma difusa con pérdida de la diferenciación cortico medular, no se observa flujo vascular con el Doppler color a nivel del polo inferior del injerto.

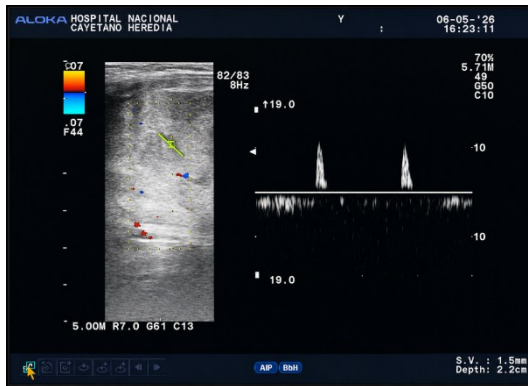


Figura 9: Ultrasonido de 06/05/26, con transductor lineal: riñón trasplantado en fosa iliaca derecha muestra persistente incremento de su ecogenicidad en forma difusa con pérdida de la diferenciación cortico medular, flujo vascular muy disminuido con el Doppler color en el polo superior y ausente en el polo inferior. Espectro de alta resistencia en el polo superior.

- Fase Terminal (08 de mayo): Cese total de flujo Doppler (arterial y venoso), compatible con infarto masivo del órgano.^{1, 4}



Figura 10: Ultrasonido de 08/05/26, con transductor lineal: riñón trasplantado en fosa iliaca derecha muestra hipoeogenicidad difusa, pirámides colapsadas.

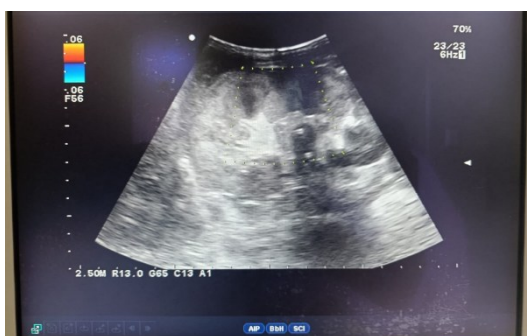


Figura 12: Ultrasonido de 08/05/26, con transductor convexo en modo b y Doppler color: riñón trasplantado en fosa iliaca derecha muestra hipoeogenicidad difusa, pirámides colapsadas sin flujo en todo el riñón.

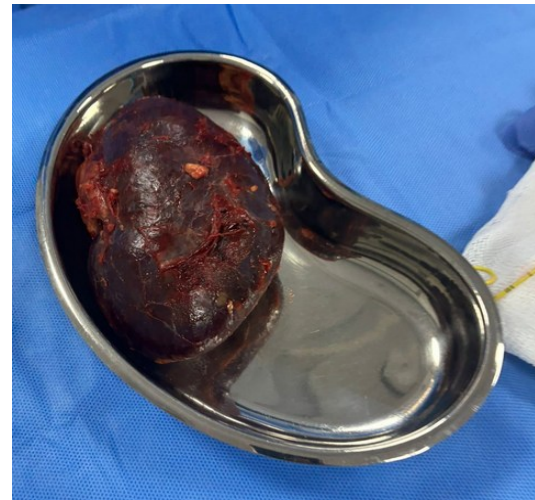


Figura 13: pieza anatómica del riñón con rechazo agudo.

CORRELACIÓN HISTOPATOLÓGICA

La biopsia confirmó un Rechazo Agudo Acelerado Mediado por Anticuerpos (Banff Categoría 2).⁴ Se observó endarteritis y necrosis fibrinoide severa (v:3), con depósitos de C4d positivo (1+) en el endotelio capilar.^{4, 12} El ataque humoral provocó trombos microvasculares, lo que el radiólogo visualizó espectralmente como la pérdida progresiva y letal de la diástole.¹²

DISCUSIÓN

La literatura actual refuerza que el IR no es solo un valor estático, sino un predictor dinámico de la supervivencia del injerto.^{9,11, 22} La evidencia demuestra que un IR ≥ 0.80 en las primeras 24-4 horas es un predictor independiente de Función Retrasada del Injerto (DGF) y fallo del trasplante (TF).¹⁴

A diferencia de la necrosis tubular aguda (NTA), donde el IR puede estar elevado desde el inicio pero tiende a mejorar,^{17, 18} el rechazo agudo - como el observado en este paciente pediátrico - se caracteriza por un incremento progresivo tras una normalidad inicial.¹² Estudios como el de Cano et al. confirman que un IR = 1.0 es heraldo de un pronóstico extremo y nula recuperación funcional.^{11, 19} La positividad para C4d válida fisiopatológicamente la resistencia extrema: el ataque mediado por anticuerpos genera trombos que ocluyen el lecho

vascular, eliminando la respuesta diastólica del parénquima.¹

CONCLUSIÓN

La monitorización longitudinal por un radiólogo subespecialista es vital para mapear la historia natural del rechazo vascular.^{13,20} La transición de un espectro de baja resistencia a uno de resistencia extrema (IR = 1.0) es una emergencia médica que precede al infarto irreversible, siendo el Doppler el método más rápido para alertar sobre esta catástrofe vascular en pediatría.^{2, 20,21}

BIBLIOGRAFÍA

1. Kirkpantur A, et al. Utility of the Doppler ultrasound parameter, RI, in renal transplant histopathology. *Transplant Proc.* 2008;40(1):104-6.
2. Mehra A, et al. Role of RI measurement in diagnosis of acute rejection. *Transplant Proc.* 2009;41(7):2805-7.
3. Lebikowska U, et al. Renal parenchyma perfusion spectrum and RI after kidney transplantation. *Transplant Proc.* 2009;41(8):3024-7.
4. Mohammadi A, et al. Doppler ultrasonographic assessment of early changes in RI and 1-year graft function. *Transplant Proc.* 2013;45(1):172-4.
5. Cano HD, et al. Resistance index as a predictor of graft function. *Transplant Proc.* 2014;46(9):2972-4.
6. Gómez V, et al. Resistance index and graft dysfunction in hypothermic machine preservation. *Transplant Proc.* 2015;47(1):34-7.
7. Peters B, et al. High RI as a possible predictor for biopsy complications. *Transplant Proc.* 2016;48(8):2714-7.
8. Mwitayati BP, et al. Relationship between immediate RI measurement and renal allograft outcomes. *Transplant Proc.* 2016;48(10):3279-84.
9. Boran M, et al. Renal Doppler resistance indices in kidney transplant recipients with proteinuria. *Transplant Proc.* 2018;50(5):1355-9.
10. Hidaka Y, et al. RI as a predictor of long-term outcomes. *Transplant Proc.* 2023;55(4):777-82.
11. Bogaert S, et al. Predictive value of renal RI in the immediate postoperative period. *J Crit Care.* 2022;71:154112.
12. Bagheri SM, et al. Sonographic indices in severe ATN early post-kidney transplantation. *IJKD.* 2018;12(1):57-64.
13. Palafox-Vázquez H. Evaluación ultrasonográfica del trasplante renal en niños. *An Radiol Mex.* 2004;3(3):191-7.
14. Pérez Clemente LM, et al. Complicaciones del trasplante renal pediátrico. *Invest Medicoquir.* 2022;14(3).
15. Picola M, et al. Importancia del Índice de resistencia (IR) en el estudio Doppler. FAAR-DIT-SORDIC.
16. Burgos Revilla F, et al. Utilidad de la ecografía y el eco-doppler en el trasplante renal. *Arch Esp Urol.* 2006;59(4):343-52.
17. García Barquín P, et al. Validez diagnóstica del índice de resistividad. *Dial Traspl.* 2015;36(1):15-9.
18. Sosa Barrios R, et al. Ecografía del Trasplante Renal. *Nefrología al día. SEN;* 2021.
19. Rigsby C, et al. Renal allografts in acute rejection: evaluation using duplex sonography. *Radiology.* 1986;158:375-8.
20. Briscoe D, et al. Duplex Doppler examination of renal allografts in children. *Pediatr Radiol.* 1993;23:365-8.
21. Hoyer P, et al. Color Doppler energy in renal transplants. *Pediatr Nephrol.* 1999;13:559-63.
22. McArthur C, et al. Early measurement of pulsatility and resistive indexes. *Radiology.* 2011;259(1):278-85.