

Resonancia magnética cardíaca en el seguimiento alejado de pacientes con tetralogía de Fallot

Cardiac Magnetic Resonance in long term follow-up of Tetralogy of Fallot

Ma. Francisca Arancibia G.^a, Paulo Valderrama E.^a, Gonzalo Urcelay M.^a,
Pedro Becker R.^b, Rodrigo González F.^b, Lida Toro R.^c, Rodrigo Parra R.^d

^aDepartamento de Cardiología y Enfermedades Respiratorias, División de Pediatría, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

^bDivisión de Enfermedades Cardiovasculares, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

^cComplejo Asistencial Dr. Sótero del Río, Santiago, Chile

^dDepartamento de Radiología, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

Los autores Ma. Francisca Arancibia y Paulo Valderrama han contribuido en forma equivalente en la autoría del presente artículo.

Recibido el 27 de noviembre de 2017; aceptado el 1 de marzo de 2018

Resumen

Introducción: La tetralogía de Fallot (TF) es la cardiopatía congénita cianótica más frecuente. La insuficiencia pulmonar (IP) y dilatación del ventrículo derecho (VD) son las complicaciones más frecuentes a largo plazo. La resonancia magnética cardíaca (RMC) es el “gold standard” para la evaluación del VD. **Objetivo:** Analizar la información obtenida de las RMC en el seguimiento de pacientes con TF. **Pacientes y Método:** Se incluyeron RMC realizadas entre 2007 y 2012 a pacientes con TF, reparados con parche transanular (PTA) o ampliación infundibular (AInf) y sin recambio valvular pulmonar (RVP). La fracción de regurgitación pulmonar (FRP), el volumen y función ventricular fueron evaluados. **Resultados:** Se realizaron 122 RMC a 114 pacientes. Edad promedio al examen $15,4 \pm 7,4$ años. 53,3% presentó IP severa ($> 40\%$). La media del volumen de fin de diástole del VD (VFDVD) fue $157,3 \pm 38,6$ ml/m², fin de sístole (VFSVD) de $85,3 \pm 27$ ml/m² y fracción de eyección (FEVD) $46,4 \pm 7,1\%$. 48,4% presentaba un VFDVD mayor de 150 ml/m² y el 32,8% mayor a 170 ml/m². El PTA se relacionó con mayores volúmenes de VD que la AInf. VFDVD mayor a 170 ml/m² mostraron peor FEVD (FEVD $47,9 \pm 7\%$ vs $43,2 \pm 6,4\%$, $p < 0,01$). **Discusión:** Casi la mitad mostró una significativa dilatación del VD demostrando que la indicación de RMC es tardía en el seguimiento. El PTA se asoció con mayores VFDVD y VFSVD pero no a peor FEVD.

Palabras clave:

Tetralogía de Fallot; insuficiencia pulmonar; volumen de fin de diástole; parche transanular; resonancia magnética cardíaca

Abstract

Introduction: Tetralogy of Fallot (TOF) is the most frequent cyanotic congenital heart disease. Pulmonary regurgitation (PR) and right ventricle (RV) enlargement and dysfunction are the most common long-term complications. Cardiac magnetic resonance (CMR) is the gold standard for RV evaluation. **Objective:** To analyze CMR results in the follow-up of TOF patients. **Patients and Method:** All CMR performed between 2007 and 2012 in TOF patients with transannular patch (TAP) repair or infundibular widening, and without pulmonary valve replacement (PVR) were included. Pulmonary regurgitant fraction (PRF), ventricular end-diastolic (EDV) and end-systolic volume (ESV), and ejection fraction (EF) were examined. **Results:** 122 CMR were performed in 114 patients. Average age at CMR was 15.4 ± 7.4 years. 53.3% of them presented severe PR ($> 40\%$). RVEDV was 157.3 ± 38.6 ml/m², RVESV was 85.3 ± 27 ml/m² and RVEF was $46.4 \pm 7.1\%$. RVEDV was > 150 ml/m² in 48.4% and > 170 ml/m² in 32.8% of patients. Patients with TAP showed larger RV volumes compared with those with infundibular widening. RVEDV > 170 ml/m² showed worse RVEF that those with lower RVEDV ($47.9 \pm 7\%$ vs $43.2 \pm 6.4\%$, $p < 0.01$). **Conclusion:** Almost half of the patients showed significant RV enlargement, demonstrating that the indication of CMR is late in their follow-up. TAP was associated with higher RVEDV and RVESV, but no worse RVEF.

Keywords:

Tetralogy of Fallot; pulmonary regurgitation; end-diastolic volumes; transannular patch; cardiac magnetic resonance

Introducción

La tetralogía de Fallot (TF) es la cardiopatía congénita (CC) cianótica más frecuente, con un 7 a 10% del total de las CC. Tiene una incidencia de 0,28 por cada 1.000 recién nacidos vivos, con igual proporción entre hombres y mujeres¹. Descrita inicialmente por Etienne-Louis Arthur Fallot en 1888 como la asociación de una comunicación interventricular (CIV) mal alineada, cabalgamiento de la aorta sobre el septum interventricular, obstrucción del tracto de salida de ventrículo derecho (TSVD) e hipertrofia del ventrículo derecho (VD)². En 1970 Van Praagh la describe por primera vez como una monología, dado principalmente por el subdesarrollo del infundíbulo pulmonar debido a la desviación hacia anterior y cefálico del septum infundibular³.

El tratamiento quirúrgico (Cx) consiste en el cierre de la CIV y ampliación del TSVD; cuando el anillo pulmonar se estima hipoplásico puede ser necesario su ampliación mediante un parche transanular (PTA)⁴. En algunos casos en que el anillo pulmonar se estima adecuado, puede ser suficiente sólo una ampliación del infundíbulo (AInf). Actualmente, la Cx reparadora es el tratamiento de elección para esta patología, con una mortalidad quirúrgica que varía entre 0,9 a 7,5% dependiendo de las series y el tipo de reparación realizada⁴. Es frecuente encontrar en el seguimiento a largo plazo, algún grado de disfunción de la válvula pulmonar, ya sea por insuficiencia, estenosis o una combinación de ambas, lo que se asocia a sobrecarga de volumen y/o presión del VD y su posterior dilatación y/o disfunción progresiva, arritmias y/o muerte súbita⁵. La evaluación del VD mediante ecocardiografía es compleja, especialmente en condiciones postquirúrgicas.

Hoy en día, la resonancia magnética cardíaca (RMC) se considera el examen *gold standard* en la evaluación anatómica y funcional del VD. Este examen se ha convertido en una herramienta fundamental en el proceso de toma de decisiones tendientes a definir el mejor momento para realizar el recambio valvular pulmonar (RVP) en estos pacientes⁶.

El objetivo principal de este trabajo es realizar el primer análisis descriptivo de la información anatómica y funcional obtenida por RMC en el seguimiento alejado de pacientes portadores de TF reparada en nuestro medio. Este análisis descriptivo pretende, como objetivos específicos: 1) caracterizar a la población de pacientes con TF derivados para RMC, específicamente su estado previo a RVP y 2) comparar las características de VD y VI en pacientes reparados con distintas técnicas quirúrgicas (PTA vs AInf). Nuestras hipótesis son que la población analizada presentará significativa dilatación de VD y que los pacientes con PTA presentarán mayor dilatación y peor fracción de eyección del VD (FEVD) comparado con los pacientes sometidos a AInf. Con este trabajo, esperamos aportar a la caracterización de esta población particular, como una contribución a la toma de decisiones en derivación a RMC y momento del RVP.

Pacientes y Método

Análisis retrospectivo de las RMC efectuadas en el Servicio de Radiología del Hospital Clínico de la Pontificia Universidad Católica de Chile a pacientes con diagnóstico de TF quienes fueron reparados con PTA o AInf y que no hubiesen sido sometidos a RVP, en el período comprendido entre enero de 2007 y junio de

2012. Se excluyeron los pacientes con TF que hubieran requerido un conducto como parte de la cirugía.

Los exámenes fueron realizados mediante un resonador Siemens de 1.5 Tesla (Modelo Magnetom Avanto). En todos los exámenes estuvo presente un único radiólogo experto en RMC de CC. Cada examen se programó en forma individual, de acuerdo a la anatomía encontrada. Se realizaron cortes localizadores axiales, sagitales y coronales, secuencias de cine gradiente en múltiples planos, mediciones de flujo por contraste de fase en la aorta proximal, en el tronco de la arteria pulmonar, en ambas ramas pulmonares y en las válvulas atrioventriculares, estudio de función ventricular, cortes ponderados en T1, angioresonancia, estudios de perfusión y viabilidad miocárdica, este último 10-15 min después de la administración de 0,2 mmol/kg de gadolinio. Las secuencias de cine, T1, angioresonancia, perfusión y viabilidad fueron adquiridas en apnea en la mayoría de los pacientes, ya sea en forma voluntaria o con anestesia, dependiendo la edad. Las mediciones de flujo fueron adquiridas en respiración espontánea. Una vez adquiridas las imágenes, el análisis en la estación de trabajo fue realizado por el mismo radiólogo.

Se analizaron las variables demográficas de la población estudiada tales como género, edad al momento de la Cx, tipo de Cx realizada y edad al momento del examen. De la información obtenida de las RMC se analizaron variables como volumen y función de ambos ventrículos, función valvular, y características de estructuras cardíacas, como raíz aórtica y arterias pulmonares. Se evaluó también el volumen de flujo por contraste de fase a nivel de las arterias pulmonares y flujo pulmonar diferencial.

El análisis estadístico descriptivo del estudio fue presentado como promedio \pm desviación estándar en el caso de variables continuas y como porcentajes para variables categóricas. El análisis comparativo de grupos se realizó con prueba de t de student en caso de variables continuas y con test de chi-cuadrado en caso de variables categóricas, según corresponda. Se definió valor de $p < 0,05$ como estadísticamente significativo.

Resultados

Se realizaron 122 RMC en 114 pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión, 59% de los cuales eran hombres.

La mediana de edad al momento de la Cx fue 12,2 meses (rango 2 meses-2 años 3 meses). El 77,7% de los pacientes habían sido sometidos a Cx reparadora con técnica de PTA y el 22,3% restante fueron reparados con Ainf, preservando la válvula pulmonar.

La edad promedio al momento del examen fue de $15,4 \pm 7,4$ años con un tiempo promedio entre la Cx reparadora y el examen de $13,3 \pm 5,8$ años.

Las características generales de los pacientes y los datos de volumen y función ventricular obtenidos de las mediciones realizadas en la RMC se describen en la tabla 1.

La fracción de regurgitación pulmonar (FRP) promedio fue $39,9 \pm 13,1\%$ en el tronco de la arteria pulmonar; $31,2 \pm 14,1\%$ en la arteria pulmonar derecha (APD) y $40,7 \pm 17,1\%$ en la arteria pulmonar izquierda (API). Del total de pacientes, un 88,3% presentaba insuficiencia pulmonar (IP) con FRP \geq al 25% (moderada) y un 53,3% mayor al 40% (severa). En cuanto al flujo pulmonar diferencial neto, éste fue $61,5 \pm 11\%$ hacia la APD y $38,5 \pm 11\%$ hacia la API.

Respecto a los volúmenes medidos, en el VD, la media de volumen de fin de diástole (VFDVD) fue $157,3 \pm 38,6$ cc/m² y de fin de sístole (VFSVD) de $85,3 \pm 27$ cc/m². El 48,4% de los pacientes mostró un VFDVD mayor a 150 ml/m² y un 32,8% del total de los pacientes presentó VFDVD mayor a 170 ml/m². Además, el 33,6% del total de pacientes estudiados presentaba un VFSVD mayor a 80 ml/m². En el VI, la media de VFDVI fue $78,0 \pm 14$ cc/m² y VFSVI de $34,6 \pm 9,5$ cc/m². Respecto a la función ventricular, se observó que la FEVD promedio fue $46,4 \pm 7,1\%$ y la fracción de eyección del VI (FEVI) $55,8 \pm 7,6\%$. Del total de pacientes estudiados, se observó que un 43,7% presentaba disfunción sistólica del VD, definida como FEVD menor a 45% y un 35,2% presentaba disfunción sistólica del VI, definida como FEVI menor de 55%.

Tabla 1. Características generales de los pacientes y resultados obtenidos de la resonancia magnética cardíaca

	Promedio \pm DE
Edad al momento de RMC (años)	$15,4 \pm 7,4$
Área de superficie corporal (m ²)	$1,38 \pm 0,37$
Tiempo desde Cx reparadora (años)	$13,3 \pm 5,8$
VFDVD (ml/m ²)	$157,3 \pm 38,6$
VFSVD (ml/m ²)	$85,3 \pm 27$
FEVD (%)	$46,4 \pm 7,1$
VFDVI (ml/m ²)	$78,0 \pm 14$
VFSVI (ml/m ²)	$34,6 \pm 9,5$
FEVI (%)	$55,8 \pm 7,6$
FRP (%)	$39,9 \pm 13,1$

DE: desviación estándar. RMC: resonancia magnética cardíaca. Cx: cirugía. VFD: volumen de fin de diástole. VFS: volumen de fin de sístole. FE: fracción de eyección. VD: ventrículo derecho. VI: ventrículo izquierdo. FR: fracción de regurgitación pulmonar.

Al analizar por grupos según la técnica quirúrgica realizada, se constató que los pacientes reparados con técnica de PTA presentaban un VFDVD y un VFSVD significativamente mayor que aquellos reparados con AInf. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la función sistólica tanto del VD como del VI, ni en los volúmenes del VI (tabla 2).

Al analizar por grupos según VFDVD, se observó que aquellos pacientes con volumen mayor a 170 ml/m² presentaban una función sistólica del VD significativamente menor. En estos pacientes se observó además, que presentaban en forma estadísticamente significativa, mayores VFD y VFSVI. Sin embargo, no se demostró diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la FEVI (tabla 3).

La aorta (Ao) mostró valores Z promedio de +3,2 ± 1,7 en el anillo; +2,4 ± 1,2 en los senos de Valsalva y +2,1 ± 1,6 en la Ao ascendente. En un 52% de los pacientes se observó dilatación de raíz Ao, definida como un valor Z mayor a +2 en cualquiera de sus porciones. Se observó, además, en un 28,7% de los pacientes la presencia de arco aórtico derecho.

Tabla 2. Comparación de volúmenes y función ventricular dependiendo del tipo de cirugía realizada

	Parche transanular	Ampliación infundibular	
VFDVD (ml/m ²)	165,6 ± 39,5	133,6 ± 30,7	p < 0,01
VFSVD (ml/m ²)	90 ± 27,7	73,3 ± 24,8	p < 0,02
FEVD (%)	46,4 ± 7	45,9 ± 7,5	p: 0,78
VFDVI (ml/m ²)	78,8 ± 13,7	77,3 ± 14,3	p: 0,67
VFSVI (ml/m ²)	35 ± 8,36	33,7 ± 9	p: 0,6
FEVI (%)	55,8 ± 6,8	56,5 ± 6,9	p: 0,68

VFD: volumen de fin de diástole. VFS: volumen de fin de sístole. FE: fracción de eyección. VD: ventrículo derecho. VI: ventrículo izquierdo.

Tabla 3. Comparación de volúmenes de ventrículo izquierdo y función biventricular dependiendo del volumen de fin de diástole de ventrículo derecho

	VFDVD ≤ 170 ml/m ²	VFDVD > 170 ml/m ²	
FEVD (%)	47,9 ± 7	43,2 ± 6,4	p < 0,01
VFDVI (ml/m ²)	74,7 ± 12	84,8 ± 15	p < 0,01
VFSVI (ml/m ²)	32,7 ± 9,5	38,6 ± 8,3	p < 0,01
FEVI (%)	56,5 ± 8,3	54,5 ± 5,8	p: 0,13

VFD: volumen de fin de diástole. VFS: volumen de fin de sístole. FE: fracción de eyección. VD: ventrículo derecho. VI: ventrículo izquierdo.

Discusión

La gran mayoría de los pacientes con TF sometidos a Cx reparadora, presentan complicaciones postoperatorias a largo plazo, incluyendo IP que, en mayor o menor grado, está presente en casi todos los pacientes operados. Ésta lleva a una dilatación progresiva del VD con potencial disfunción del mismo. Aunque estas alteraciones son a menudo bien toleradas durante la niñez y adolescencia, la incidencia de arritmias, deterioro de la capacidad funcional, falla cardíaca y muerte súbita se triplica durante la tercera década postoperatoria. Debido a ello es fundamental establecer un protocolo de seguimiento a largo plazo.

Entre los exámenes disponibles, la RMC es el método ideal para evaluar las anomalías morfológicas y funcionales de los pacientes con TF, fundamentalmente porque no depende de ventanas acústicas ni se ve afectada por la geometría ventricular, dada su capacidad multiplanar y tridimensional. De esta forma permite evaluar dimensiones y función de los ventrículos, sin asumir una geometría de las cavidades cardíacas; además aporta datos cuantitativos como la determinación de los volúmenes de las diferentes cámaras, y patrones de flujo sanguíneo, incluyendo la FRP valvular y estimación de la función diastólica ventricular. Permite además caracterizar los tejidos, como a través del estudio de viabilidad miocárdica, por el cual es posible detectar la presencia de fibrosis o cicatrices de infarto por lesión coronaria, las que son fuente potencial de arritmias. Todo lo anterior es importante en el seguimiento a largo plazo, en que se intenta evaluar las consecuencias de la insuficiencia valvular sobre el VD, con el objeto de decidir el mejor momento para el RVP⁷. Un reciente estudio determinó que un intervalo de aproximadamente 3 años entre la primera RMC y la siguiente tiene el mejor balance entre sensibilidad y especificidad (63 y 65% respectivamente) para la detección de la progresión de la enfermedad (definida como un aumento del VFDVD ≥ 30 ml/m², disminución en la FEVD ≥ 10% o disminución de la FEVI ≥ 10%). Sin embargo, esto debe ser validado por futuros estudios⁸. La RMC es también de utilidad para evaluar el resultado del RVP en cuanto a la remodelación ventricular y en el seguimiento posterior en la aparición de disfunción protésica.

En el presente estudio, se observa que aquellos pacientes con TF derivados a nuestro centro para realizar la primera RMC de seguimiento, lo hacen a una edad promedio de 15,4 ± 7,4 años. De estos, casi la mitad presenta dilatación importante del VD; un 53,3% IP severa (definida como una FRP > 40%)⁹; un 43,7% disfunción sistólica del VD y un 35,2% disfunción sistólica del VI. Al considerar todos estos datos y teniendo

en cuenta los criterios propuestos y resumidos por Tal Geva para RVP⁶ el año 2013 (Nivel de evidencia C), como por ejemplo la presencia de VFDVD mayor de 150 ml/m², VFSVD mayor a 80 ml/m², disfunción sistólica del VD y/o del VI entre otros, en un paciente con una FRP de la válvula pulmonar mayor o igual a 25% y considerando si este es sintomático o asintomático, se podría concluir que de nuestra serie, al menos la mitad de los pacientes derivados para realizarse una RMC tenían indicación de RVP.

Estudios más recientes, han demostrado que la pérdida de potencia y eficacia del VD disminuye de manera exponencial a medida que aumenta el volumen del VD¹⁰, demostrando que la curva de aplanamiento se observa sobre un VFDVD de 139 ml/m² y un VFSVD mayor de 75 ml/m², con lo cual, según este estudio, casi dos tercios de los pacientes derivados para RMC presentarían ya un compromiso en la eficacia y potencia de su VD.

Además, aproximadamente un tercio de los pacientes ya tenían un VFDVD que superaba los 170 ml/m² y en igual fracción de pacientes un VFSVD mayor a 80 ml/m². Estudios basados en RMC realizadas a pacientes con TF, han mostrado que en aquellos pacientes con VFDVD superiores a 160 a 170 ml/m² o con VFSVD superiores a 80 a 85 ml/m² es menos probable la recuperabilidad del VD luego del RVP¹¹⁻¹³. En nuestra serie observamos que los pacientes con VFDVD > 170 ml/m² presentaban disfunción sistólica del VD significativamente mayor, al igual que mayores VFDVI y VFSVI, que aquellos pacientes con volúmenes ventriculares derechos menores. Según esto, en alrededor de un tercio de los pacientes la solicitud de este examen habría sido tardía.

Se ha reportado que la dilatación severa del VD, y especialmente la disfunción sistólica del VD y del VI son factores de riesgo independientes de un peor estado clínico o disminución en la capacidad funcional, aparición de arritmias y muerte¹⁴⁻¹⁶. La disfunción sistólica del VI estaría explicada, en parte, por la interdependencia ventricular¹⁴. En nuestro estudio, no existió diferencia estadísticamente significativa en la FEVI entre aquellos pacientes con mayor VFDVD y/o peor FEVD. Lo anterior podría explicarse por la edad de la población estudiada y a la falta de seguimiento consecutivos de esta población, a través de RMC, que permita evaluar la evolución y potencial deterioro de la FEVI en relación a la progresión del deterioro de VD.

Al dividir los resultados de acuerdo a la técnica quirúrgica realizada, se observó que aquellos pacientes reparados con PTA presentaban mayor dilatación del VD en el seguimiento alejado que aquellos reparados con AInf. Este hallazgo ha sido descrito por algunos estudios en los cuales el PTA presenta un riesgo relativo (OR) de 2,956 (IC 95%: 1,073-8,138) para dilata-

ción progresiva del VD¹⁷ o en los cuales se demuestra que la Cx realizada con PTA lleva un mayor riesgo de reoperación pero sin impacto en la mortalidad de estos pacientes^{18,19}. La asociación entre la Cx reparadora con PTA y la mayor dilatación del VD probablemente es explicada en el estudio de Puranik et al²⁰, en el cual se observó que en aquellos pacientes sometidos a Cx con PTA, el TSVD fue considerado contráctil en sólo el 50% de los pacientes y esto sería el responsable del mayor volumen de fin de sístole y peor función sistólica global de ambos ventrículos. Este hallazgo sugiere que la derivación para la realización de RMC debería realizarse de manera más precoz en estos pacientes para definir el momento adecuado de realizar el RVP y preservar o recuperar la función y/o morfología del VD dilatado. En nuestro estudio, sin embargo, no existió diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la función de ambos ventrículos o a la dilatación del VI al comparar ambas técnicas quirúrgicas. Entre las posibles explicaciones podría ser: primero, la diferencia de edad al momento de la Cx entre estos estudios (12,2 meses vs 2,8 años) y, por lo tanto, un probable menor tamaño del PTA en nuestros pacientes y segundo, la diferencia de edad al momento de la realización de la RMC (15,4 ± 7,4 años vs 25,1 ± 1,2 años), es decir, el corazón de nuestros pacientes ha sido sometido menos años de IP y/o de dilatación severa del VD.

Con respecto a la aorta, se observó que más de la mitad de los pacientes estudiados presentaban dilatación de la raíz Ao²¹. Este hallazgo ya ha sido reportado previamente, en un porcentaje muy parecido al nuestro, en estudios en población adulta^{22,23}. En estas revisiones, se observó que la dilatación de la raíz Ao es un factor de riesgo para desarrollar insuficiencia de la válvula Ao, necesitando en algunos casos de reemplazo valvular o de la raíz Ao.

La RMC constituye el método de evaluación cardinal en el seguimiento alejado de los pacientes con TF operada, ya que en conjunto con los parámetros clínicos y electrocardiográficos permitiría determinar el momento más adecuado para el RVP, considerando los criterios recomendados en la actualidad, con el objetivo de evitar alcanzar volúmenes de VD de no retorno, con la consiguiente persistencia del deterioro de la función.

Los reportes en cuanto a la frecuencia de evaluación con RMC en estos pacientes son escasos. Por otro lado, es difícil establecer una recomendación homogénea, debido tanto a las variaciones en la severidad de la patología, como a las diferencias en la técnica quirúrgica, tales como uso o no de PTA, así como el tamaño de éste, junto con muchos otros factores y/o complicaciones propios de la cirugía. En base a esto, creemos que son necesarios más estudios que correlacionen estos factores con la velocidad de progresión de la dilatación,

así como con el deterioro funcional de los ventrículos, en especial del VD. Es clave además incorporar la evaluación clínica, incluyendo la capacidad funcional del paciente, junto con los parámetros ecocardiográficos que permitan una mejor aproximación para determinar el mejor momento para solicitar una RMC, teniendo como objetivo evitar disfunción irreversible del VD.

Nuestro estudio representa la primera caracterización con RMC de pacientes con TF reparada en seguimiento alejado en Chile. Las limitaciones de nuestro trabajo radican en la falta de información clínica detallada que pudiera aportar al análisis de la información obtenida por RMC (capacidad funcional, características del ECG, ecocardiograma, tiempos de CEC y clampeo aórtico, etc.), así como al sesgo inherente en la derivación a la realización de este examen, siendo esta muestra una población seleccionada de pacientes que presumiblemente, por sus características clínicas y/o ecocardiográficas, fueron derivados para RMC. Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, nuestros resultados aportan información valiosa en nuestro medio, y nos permiten concluir que la realización de RMC es tardía en una importante proporción de pacientes. Una derivación más temprana a RMC podría optimi-

zar la oportunidad de RVP en esta población, con el objetivo final de preservar la funcionalidad ventricular.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos: Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado: Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Apitz C, Webb GD, Redington AN. Tetralogy of Fallot. *Lancet*. 2009;374:1462-71.
2. Fallot E. Contribution a l'anatomie pathologique de la maladie bleue (cyanose cardiaque). *Mars Med*. 1888;25:418-20.
3. Van Praagh R, Van Praagh S, Nebesar RA, Muster AJ, Sinha SN, Paul MH. Tetralogy of Fallot: underdevelopment of the pulmonary infundibulum and its sequelae. *Am J Cardiol*. 1970; 26(1): 25-33.
4. Al Habib HF, Jacobs JP, Mavroudis C, Tchervenkov CI, O'Brien SM, Mohammadi S, et al. Contemporary patterns of management of tetralogy of Fallot: data from the Society of Thoracic Surgeons Database. *Ann Thorac Surg*. 2010;90(3):813-19.
5. Spies C, Hijazi ZM. Transcatheter Pulmonary Valve Implantation. *Intervent Cardiol*. 2008;3(1):62-4.
6. Geva T. Indications for pulmonary valve replacement in repaired tetralogy of fallot: the quest continues. *Circulation*. 2013;128(17):1855-7.
7. Roest AA, Kroft LJ, de Roos A. Chapter 10. Tetralogy of Fallot: morphology and function. Fogel M. *Principles and Practice of Cardiac Magnetic Resonance in Congenital Heart Disease*. Form, Function and Flow. Wiley-Blackwell. April 2010. 172-82.
8. Wald RM, Valente AM, Gauvreau K, Babu-Narayan SV, Assenza GE, Schreier J, et al. Cardiac magnetic resonance markers of progressive RV dilation and dysfunction after tetralogy of Fallot repair. *Heart*. 2015;101(21):1724-30.
9. Mercer-Rosa L, Yang W, Kutty S, Rychik J, Fogel M, Goldmuntz E. Quantifying pulmonary regurgitation and right ventricular function in surgically repaired tetralogy of Fallot: a comparative analysis of echocardiography and magnetic resonance imaging. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2012;5(5):637-43.
10. Fogel MA, Sundareswaran KS, de Zelicourt D, Dasi LP, Pawlowski T, Rome J, et al. Power loss and right ventricular efficiency in patients after tetralogy of Fallot repair with pulmonary insufficiency: clinical implications. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012;143(6):1279-85.
11. Therrien J, Provost Y, Merchant N, Williams W, Colman J, Webb G. Optimal timing for pulmonary valve replacement in adults after tetralogy of Fallot repair. *Am J Cardiol*. 2005;95(6):779-82.
12. Oosterhof T, van Straten A, Vliegen HW, Meijboom FJ, van Dijk AP, Spijkerboer AM, et al. Preoperative thresholds for pulmonary valve replacement in patients with corrected tetralogy of Fallot using cardiovascular magnetic resonance. *Circulation*. 2007;116(5):545-51.
13. Lee C, Kim YM, Lee CH, Kwak JG, Park CS, Song JY, et al. Outcomes of pulmonary valve replacement in 170 patients with chronic pulmonary regurgitation after relief of right ventricular outflow tract obstruction: implications for optimal timing of pulmonary valve replacement. *J Am Coll Cardiol*. 2012;60(11):1005-14.
14. Geva T, Sandweiss BM, Gauvreau K, Lock JE, Powell AJ. Factors associated with impaired clinical status in long-term survivors of tetralogy of Fallot repair evaluated by magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2004;43(6):1068-74.
15. Knauth AL, Gauvreau K, Powell AJ, Landzberg MJ, Walsh EP, Lock JE, del Nido PJ, Geva T. Ventricular size and function assessed by cardiac MRI predict major adverse clinical outcomes late after tetralogy of Fallot repair. *Heart*. 2008;94(2):211-6.
16. Valente AM, Gauvreau K, Assenza GE, Babu-Narayan SV, Schreier J, Gatzoulis MA, et al. Contemporary predictors of death and sustained ventricular tachycardia in patients with repaired tetralogy of Fallot enrolled in the INDICATOR cohort. *Heart*. 2014;100(3):247-53.

17. Kim H, Sung SC, Kim SH, Chang YH, Lee HD, Park JA, et al. Early and late outcomes of total repair of tetralogy of Fallot: risk factors for late right ventricular dilatation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2013;17(6):956-62.
18. Ylitalo P, Nieminen H, Pitkänen OM, Jokinen E, Sairanen H. Need of transannular patch in tetralogy of Fallot surgery carries a higher risk of reoperation but has no impact on late survival: results of Fallot repair in Finland. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2015;48(1):91-7.
19. Luijten LW, van den Bosch E, Duppen N, Tanke R, Roos-Hesselink J, Nijveld A, et al. Long-term outcomes of transatrial-transpulmonary repair of tetralogy of Fallot. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2015;47(3):527-34.
20. Puranik R, Tsang V, Lurz P, Muthurangu V, Offen S, Frigiola A, et al. Long-term importance of right ventricular outflow tract patch function in patients with pulmonary regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;143(5):1103-7.
21. Kaiser T, Kellenberger CJ, Albigsetti M, Bergsträsser E, Valsangiacomo Buechel ER. Normal values for aortic diameters in children and adolescents-assessment in vivo by contrast-enhanced CMR - angiography. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2008;10(1):56.
22. Niwa K, Siu SC, Webb GD, Gatzoulis MA. Progressive aortic root dilatation in adults late after repair of tetralogy of Fallot. *Circulation.* 2002;106(11):1374-8.
23. Nagy CD, Alejo DE, Corretti MC, Ravekes WJ, Crosson JE, Spevak PJ, et al. Tetralogy of Fallot and aortic root dilation: a long-term outlook. *Pediatr Cardiol.* 2013;34(4):809-16.