

Artículo original

Valor del electrocardiograma como predictor de disfunción ventricular derecha en pacientes con sobrecarga crónica de volumen del ventrículo derecho



Pau Alonso^{a,*}, Ana Andrés^a, Joaquín Rueda^a, Francisco Buendía^a, Begoña Igual^b, María Rodríguez^a, Ana Osa^a, Miguel A. Arnau^a y Antonio Salvador^a

^a Servicio de Cardiología, Hospital Universitario y Politécnico La Fe, Valencia, España

^b ERESA, Hospital Universitario y Politécnico La Fe, Valencia, España

Historia del artículo:

Recibido el 13 de enero de 2014

Aceptado el 9 de abril de 2014

On-line el 7 de octubre de 2014

Palabras clave:

Insuficiencia pulmonar

Tetralogía de Fallot

QRS

Fragmentación

RESUMEN

Introducción y objetivos: La insuficiencia pulmonar es una complicación frecuente en pacientes con tetralogía de Fallot o estenosis pulmonar congénita reparada. Se han correlacionado variables electrocardiográficas con parámetros de función del ventrículo derecho. Proponemos analizar el valor diagnóstico de la anchura y la fragmentación del electrocardiograma en la identificación de pacientes con disfunción y/o dilatación del ventrículo derecho.

Métodos: Seleccionamos a 107 pacientes consecutivos diagnosticados de insuficiencia pulmonar grave tras reparación de estenosis pulmonar o tetralogía de Fallot. Se les realizó electrocardiograma, ecocardiograma y resonancia magnética. Cada electrocardiograma se analizó manualmente midiendo la duración del QRS. Definimos fragmentación del QRS como la presencia de ondas de bajo voltaje en la porción terminal del QRS en al menos dos derivaciones contiguas.

Resultados: Se obtuvo una correlación negativa y significativa entre anchura del QRS y función del ventrículo derecho, así como una correlación positiva con el volumen de este. De la curva ROC se obtuvo el punto de corte en 140 ms de anchura del QRS, que mostró buena sensibilidad para el diagnóstico de dilatación (> 80%) y disfunción (> 95%) del ventrículo derecho. En los modelos de regresión logística, QRSd > 140 ms se mostró como el único predictor independiente de dilatación y disfunción del ventrículo derecho.

Conclusiones: El electrocardiograma es una herramienta rápida, disponible y reproducible. La anchura del QRS permite predecir de manera independiente la presencia de dilatación y disfunción del ventrículo derecho. Este es el primer estudio que propone un punto de corte en la anchura del QRS para el cribado de afección del ventrículo derecho.

© 2014 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Value of the Electrocardiogram as a Predictor of Right Ventricular Dysfunction in Patients With Chronic Right Ventricular Volume Overload

ABSTRACT

Introduction and objectives: Pulmonary regurgitation is a common complication in patients with repaired tetralogy of Fallot or congenital pulmonary stenosis. Electrocardiographic variables have been correlated with parameters used to evaluate right ventricular function. We aimed to analyze the diagnostic value of the width and fragmentation of the electrocardiogram in the identification of patients with right ventricular dysfunction and/or dilation.

Methods: We selected 107 consecutive patients diagnosed with severe pulmonary insufficiency after repair of pulmonary stenosis or tetralogy of Fallot. The tests included electrocardiography, echocardiography, and magnetic resonance. Each electrocardiogram was analyzed manually to measure QRS duration. We defined QRS fragmentation as the presence of low-voltage waves in the terminal portion of the QRS complex in at least 2 contiguous leads.

Results: We found a significant negative correlation between QRS width and right ventricular function, as well as a positive correlation with right ventricular volume. The receiver operating characteristic curve indicated a cut-off point for QRS width of 140 ms, which showed good sensitivity for a diagnosis of right ventricular dilation (> 80%) and dysfunction (> 95%). In logistic regression models, a QRS duration > 140 ms was found to be the only independent predictor of right ventricular dilation and dysfunction.

Keywords:

Pulmonary regurgitation

Tetralogy of Fallot

QRS

Fragmentation

* Autor para correspondencia: Ramiro de Maeztu 2–12, 46022 Valencia, España.

Correo electrónico: pau_i_au@hotmail.com (P. Alonso).

Conclusions: Electrocardiography is a rapid, widely available, and reproducible tool. QRS width constitutes an independent predictor of the presence of right ventricular dilation and dysfunction. This study is the first to provide a cutoff value for QRS width to screen for right ventricle involvement.

Full English text available from: www.revespcardiol.org/en

© 2014 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Abreviaturas

CRM: cardiorresonancia magnética
ECG: electrocardiograma
FEVD: fracción de eyección del ventrículo derecho
IP: insuficiencia pulmonar
TF: tetralogía de Fallot
VD: ventrículo derecho

INTRODUCCIÓN

La insuficiencia pulmonar (IP) es una complicación frecuente en los pacientes con tetralogía de Fallot (TF) o estenosis pulmonar congénita intervenidas durante la infancia. En la TF, se ha demostrado que la cirugía correctora mejora los síntomas y aumenta la supervivencia^{1,2}. En la estenosis pulmonar la obstrucción puede localizarse valvular, subvalvular (infundibular) o supra valvular. La estenosis valvular se puede tratar mediante valvuloplastia percutánea, mientras que la supra valvular y la subvalvular generalmente requieren cirugía convencional y su pronóstico es menos benigno³.

La IP grave que suele aparecer tras la intervención conlleva una dilatación y la progresiva disfunción del ventrículo derecho (VD), lo que incrementa el riesgo de arritmias y empeora el pronóstico de estos pacientes. El tratamiento es quirúrgico, mediante el recambio valvular pulmonar por prótesis u homoinjerto. Cuando la sustitución valvular pulmonar se realiza en el momento adecuado, suele acompañarse de reducción del volumen del VD y, en ocasiones, de una mejoría de la fracción de eyección del VD (FEVD). Sin embargo, cuando se indica de manera tardía, la recuperación del VD es incompleta⁴. Los criterios actuales para indicar sustitución valvular pulmonar no están claramente definidos, y se basan principalmente en la aparición de eventos clínicos y/o dilatación excesiva del VD⁵. La selección del momento adecuado de la cirugía, por lo tanto, es un desafío para el clínico, pues, además de las variables clínicas, se debe considerar los datos derivados de pruebas de imagen.

La técnica de referencia para la estimación de la FEVD y los volúmenes del VD es la cardiorresonancia magnética (CRM). Sin embargo, la CRM es una técnica con un coste elevado, no disponible en todos los centros y de uso controvertido con pacientes portadores de dispositivos de estimulación cardíaca o desfibriladores, en particular estos, tanto por el riesgo de interferencias como por el robo de señal que inducen⁶. En este contexto, los métodos diagnósticos no invasivos complementarios, como el electrocardiograma (ECG), cobran especial importancia como posibles marcadores indirectos de la progresión de la cardiopatía.

El ECG de superficie es una prueba diagnóstica sencilla, asequible y poco invasiva; diferentes variables electrocardiográficas se han correlacionado con parámetros de función del VD y con la aparición de eventos cardiovasculares^{7,8}. En la TF se ha estudiado la relación de la fragmentación y la anchura del QRS con parámetros clínicos e incluso con la aparición de arritmias⁹.

El objetivo de este estudio es analizar el valor diagnóstico de los parámetros derivados del ECG para identificar a los pacientes con disfunción y/o dilatación del VD secundaria a IP grave.

MÉTODOS

Población del estudio

Seleccionamos retrospectivamente a 107 pacientes diagnosticados de IP grave y seguidos en la unidad de cardiopatías congénitas del adulto de nuestro centro. Todos ellos estaban diagnosticados de TF o estenosis pulmonar y se sometieron a reparación quirúrgica en la infancia, con aparición de una IP significativa como secuela. Definimos IP grave según los criterios previamente establecidos en la literatura¹⁰.

Las variables recogidas incluyeron datos demográficos y clínicos. Se realizó ECG de superficie, ecocardiograma transtorácico y CRM como parte de su evaluación clínica rutinaria. El intervalo entre el ECG y la CRM no superó los 15 días en ningún caso. Se excluyó a los pacientes con una o más de las siguientes condiciones: a) uso de medicación con efecto en la duración del QRS; b) ritmo estimulado por MP; c) problemas para la interpretación de los datos de la CRM por el área de robo de señal debida a la presencia de desfibrilador implantable (DAI), y d) presencia de atresia tricuspídea y/o hipoplasia del VD.

Evaluación electrocardiográfica

Se realizó un ECG de doce derivaciones en reposo a todos los pacientes como parte de su seguimiento habitual mediante un sistema de adquisición y almacenamiento digital (banda de filtro, 0,16–100 Hz; 25 mm/s; 10 mm/mV; PageWriter TC70 cardiograph, Philips Medical Systems; Eindhoven, Países Bajos). Para realizar las mediciones, se aumentó el tamaño y se empleó un software específico de medición (CardioCaliper 3.3, Iconico®) con una resolución de 1 ms en el eje horizontal y 0,01 mV en el eje vertical.

Cada ECG se analizó manualmente midiendo la duración de un complejo QRS (QRSd) en cada una de las derivaciones precordiales y obteniendo su media aritmética. La duración del QRS se definió como la distancia entre la primera deflexión y el punto de confluencia del vector final con la línea isoelectrica. Se seleccionaron los complejos cuya duración se pudiera evaluar correctamente gracias a la correcta visualización de la línea isoelectrica. Se excluyeron de la medición los latidos anticipados auriculares y ventriculares. Para el análisis estadístico, definimos QRS largo aquel > 120 ms.

Se analizó la fragmentación del QRS (QRSf), definida como la presencia de muescas u ondas de bajo voltaje (R') en la porción terminal del QRS o en el inicio del segmento ST en al menos dos derivaciones contiguas (figura 1 A). En pacientes con QRS largo (> 120 ms), incluso con morfología de bloqueo de rama, se definió la fragmentación del QRS como la presencia de más de 2 R' en la onda R o en el nadir de la onda S en al menos dos derivaciones contiguas (figura 1 B).

Todos los ECG fueron analizados por cardiólogos clínicos que desconocían el resultado de la CRM. Se seleccionó aleatoriamente a

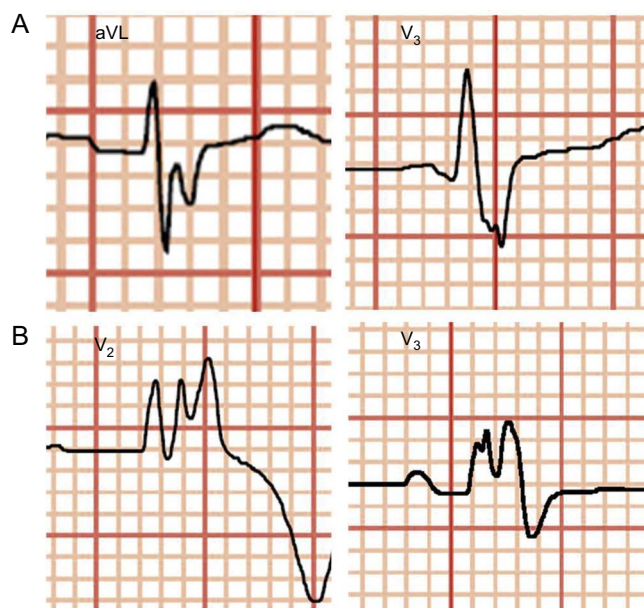


Figura 1. Ejemplo de ECG de superficie fragmentado. A: conducción intraventricular normal. B: alteración de la conducción intraventricular tipo bloqueo completo de rama derecha del haz de His.

10 pacientes para repetir de manera enmascarada el análisis del QRS por el mismo operador y por un segundo operador para establecer la variabilidad interobservador e intraobservador.

Cardiorresonancia magnética

Todas las CRM se realizaron en un equipo de 1,5 T Magnetom versión Syngo MR 2004 V[®] (Siemens Medical Solutions; Elangen, Alemania) y las interpretó una cardióloga experta en imagen cardíaca. Se empleó un protocolo en el que se obtuvieron secuencias de cine (True FISP), secuencias morfológicas (TSE T1 y TSE T2) y secuencias de viabilidad (Turbo FLASH). Los datos de volúmenes y fracción de eyección de ambos ventrículos se analizaron mediante el *software* QMASS MR 6.1.5[®] (Medis; Leiden, Países Bajos). La CRM se utilizó como método de referencia para el cálculo de la FEVD (por el método de Simpson) y los volúmenes ventriculares sistólicos y diastólicos. Siguiendo las recomendaciones actuales, definimos disfunción del VD como la presencia de una FEVD < 45%¹¹. Definimos dilatación clínicamente relevante del VD como la presencia de un volumen telediastólico indexado del VD (VTDVDi) > 150 ml/m².

Análisis estadístico

Se obtuvieron estadísticos descriptivos de frecuencia de las variables continuas estudiadas (media $\pm$ desviación típica) y las variables categóricas (porcentaje $\pm$ desviación típica). Para determinar la variabilidad interobservador e intraobservador, se empleó el coeficiente de correlación intraclass para variables continuas y el índice kappa para las variables categóricas. Se realizaron estudios de correlación lineal simple con determinación del coeficiente de correlación de Pearson entre las variables continuas. Las comparaciones entre las medias se analizaron con la prueba de la t de Student. A partir de la curva ROC (*receiver operating characteristics*), se estimaron los puntos de corte óptimos de cada parámetro para el diagnóstico de disfunción y dilatación del VD, con sus correspondientes sensibilidad, especificidad y valores predictivos positivo y negativo. Se realizaron modelos de regresión logística para determinar los factores predictores de dilatación o disfunción del VD.

El análisis estadístico se realizó con el programa IBM SPSS Statistics 18[®] (SPSS Inc.; Chicago, Estados Unidos). Se consideraron estadísticamente significativos valores de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Población de estudio

De los 114 pacientes con IP grave seguidos en nuestra consulta de cardiopatías congénitas del adulto, finalmente se incluyó en el análisis a 107. De estos 107 pacientes, se excluyó del estudio a 7 por las siguientes razones: a 3 por otra anomalía congénita asociada, a 1 por ritmo ventricular estimulado y a 3 por ser portadores de un DAI, ya que el artefacto que este causa impide la interpretación de las imágenes de la CRM.

Las características de la población de estudio se muestran en la *tabla 1*. El 49,5% de los pacientes eran mujeres, con una media de edad de 32 años. Respecto a la enfermedad de base, 80 pacientes (74,7%) presentaron TF y 27 (25,23%), estenosis subpulmonar. La técnica quirúrgica empleada en 91 pacientes (85%) fue la cirugía de ampliación del tracto de salida del VD mediante un parche transanular, mientras que en 45 (42,1%) se practicó valvulotomía de la válvula pulmonar. Del total de pacientes, 89 (83,17%) se encontraban en clase funcional I de la *New York Heart Association* (NYHA), 15 (14%) en NYHA II, 2 (1,86%) en NYHA III y 1 (0,83%) en NYHA IV. En lo referente al tratamiento farmacológico, 5 pacientes (4,7%) estaban en tratamiento con inhibidor de la enzima de conversión de la angiotensina o antagonista del receptor de la angiotensina II, 9 (8,4%) con bloqueadores beta y 15 (14,9%) con diuréticos de asa (furosemda).

Estudio mediante técnicas de imagen

A todos los pacientes se les realizó un ecocardiograma durante los 15 días posteriores a la CRM. Los datos ecocardiográficos y los obtenidos de la CRM se recogen en la *tabla 2*. Un total de 33 pacientes (30,8%) presentaban disfunción del VD según los criterios de CRM (FEVD < 45%, que fue la técnica de referencia empleada en nuestro estudio). El desplazamiento sistólico del

Tabla 1
Características de la muestra (n = 107)

Mujeres	53 (49,5)
Edad (años)	32 $\pm$ 13
Clase funcional de la NYHA	
I	89 (83,17)
II	15 (14)
III	2 (1,86)
IV	1 (0,93)
Cardiopatía congénita	
Tetralogía de Fallot	80 (74,76)
Estenosis subpulmonar	27 (25,23)
Tipo de intervención inicial	
Valvulotomía	45 (42,1)
Parche transanular	91 (85)
Tratamiento	
Diuréticos	15 (14,9)
Bloqueadores beta	9 (8,4)
IECA/ARA-II	5 (4,7)

ARA-II: antagonistas del receptor de la angiotensina II; IECA: inhibidor de la enzima de conversión de la angiotensina; NYHA: *New York Heart Association*. Los datos expresan n (%) o media $\pm$ desviación estándar.

Tabla 2

Datos ecocardiográficos y de la cardiorensonancia magnética

Parámetros electrocardiográficos	
QRSd (ms)	144,41 ± 28,42
QRSf	53 (49,5)
Parámetros ecocardiográficos	
Diámetro basal del VD (mm)	47,93 ± 8,09
Diámetro medio del VD (mm)	40,51 ± 6,34
Diámetro longitudinal del VD (mm)	79,27 ± 13,55
TAPSE (mm)	18,58 ± 3,64
Onda S' (cm/s)	10,86 ± 1,84
Índice Tei	0,23 ± 0,015
Parámetros de CRM	
FEVD (%)	48,93 ± 10,78
VTDVDi (ml)	145,96 ± 48,03
VTSVDi (ml)	76,04 ± 39,33
FEVI (%)	61,09 ± 8,1

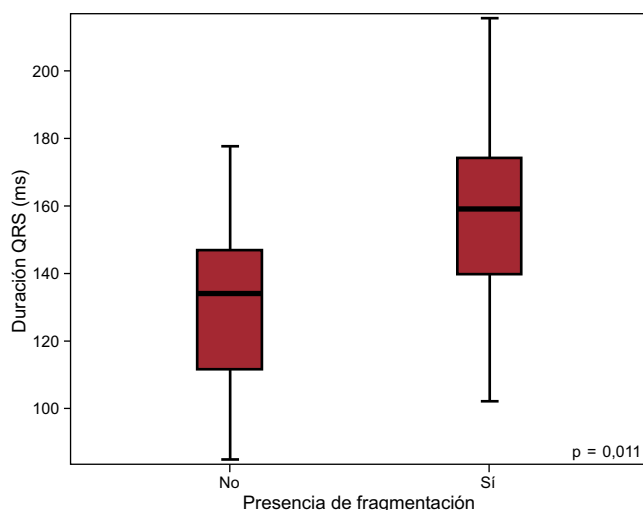
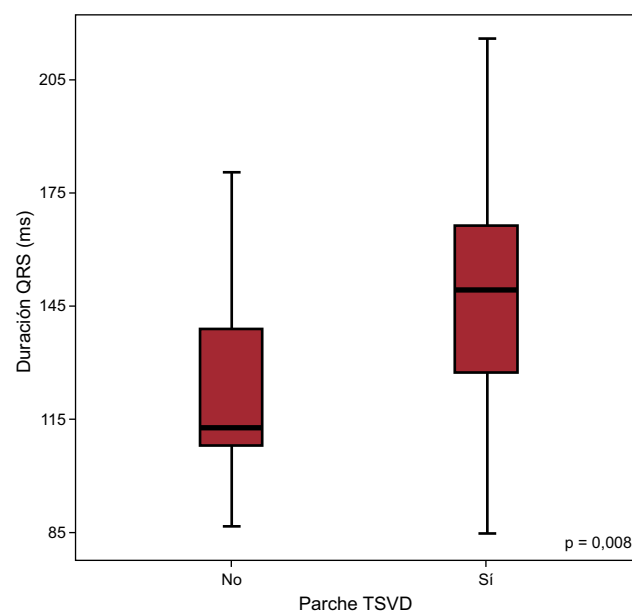
CRM: cardiorensonancia magnética; FEVD: fracción de eyección del ventrículo derecho; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; QRSd: duración del QRS; QRSf: presencia de fragmentación; VD: ventrículo derecho; VTDVDi: volumen telediastólico del ventrículo derecho indexado; VTSVDi: volumen telesistólico del ventrículo derecho indexado.

Los datos expresan n (%) o media ± desviación estándar.

anillo tricúspide (TAPSE) medio fue de 18,58 ± 3,64 mm; la onda S', 10,86 ± 1,84 cm/s, y el índice Tei, 0,23 ± 0,015. La FEVD estimada por CRM fue del 48,93% ± 10,78%. Respecto a los volúmenes del VD calculados mediante la CRM, 49 pacientes (45,8%) presentaron un VTDVDi > 150 ml (punto de corte seleccionado como dilatación significativa del VD).

Estudio de parámetros derivados del QRS

En primer lugar, se realizó un estudio de la reproducibilidad de los datos electrocardiográficos analizando las variabilidades interobservador e intraobservador. El coeficiente de correlación intraclass para la correlación intraobservador fue 0,984 para la estimación de QRSd y 0,986 para la correlación interobservador para el cálculo de QRSd. Todos ellos se corresponden con excelentes correlaciones interobservador e intraobservador. Hubo excelente reproducibilidad para la detección de fragmentación del QRS ($\kappa = 1$), tanto interobservador como intraobservador.

**Figura 2.** Anchura del QRS en función de la presencia de fragmentación.**Figura 3.** Influencia de la técnica quirúrgica en la anchura del complejo QRS en el electrocardiograma de superficie. TSVD: tracto de salida del ventrículo derecho.

La duración del QRS en los pacientes de la muestra osciló entre 84,67 y 215,67 ms, con una media de 144,41 ± 28,42 ms; 79 pacientes (73,8%) presentaron QRS largo (> 120 ms). Respecto a la conducción intraventricular, 79 pacientes (73,8%) mostraron bloqueo completo de rama derecha del haz de His. En 53 pacientes (49,5%) se detectó fragmentación del QRS. La mayoría de los pacientes con fragmentación presentaron asimismo QRS largo (48 pacientes; 90,56%), con diferencias estadísticamente significativas en la duración del QRS entre pacientes con fragmentación y sin ella (QRSd, 156,83 frente a 131,5 ms; $p < 0,001$) (figura 2).

Al analizar los datos electrocardiográficos en función de la técnica quirúrgica realizada, se observó que en los pacientes intervenidos con la técnica del parche transanular el QRS era significativamente más ancho (QRSd, 147,67 frente a 126,48 ms; $p = 0,008$) (figura 3). Sin embargo, en lo que respecta a la presencia de fragmentación, no hubo diferencias significativas entre pacientes con y sin parche transanular.

Estudio de la correlación entre parámetros electrocardiográficos y datos de imagen

En primer lugar se estudió si había correlación entre la anchura del complejo QRS y los parámetros de volumen y función del VD estimados por CRM (figuras 4A-C). La correlación de Pearson mostró una correlación negativa y significativa entre QRSd y FEVD ($r = -0,6$; $p < 0,001$) y una correlación positiva y significativa entre QRSd y VTSVDi ($r = 0,63$; $p < 0,001$) y entre QRSd y VTDVDi ($r = 0,55$; $p < 0,001$), lo que evidencia que a mayor QRSd, menor FEVD y mayores volúmenes del VD.

En el estudio de la fragmentación no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas en lo que respecta a VTDVDi (137,68 frente a 150,49 ml; $p = 0,16$), VTSVDi (67,79 frente a 79,36 ml; $p = 0,11$) y FEVD (el 51,12 frente al 47,88%; $p = 0,11$) entre los grupos con y sin fragmentación. No obstante, se apreció una tendencia a VD más dilatado y con peor función sistólica en los pacientes con fragmentación en el ECG (figura 5).

Se elaboró una curva ROC (figura 6A) para determinar el poder de discriminación del parámetro QRSd para detectar disfunción del VD. El área bajo la curva obtenida para QRSd fue 0,79. El punto de

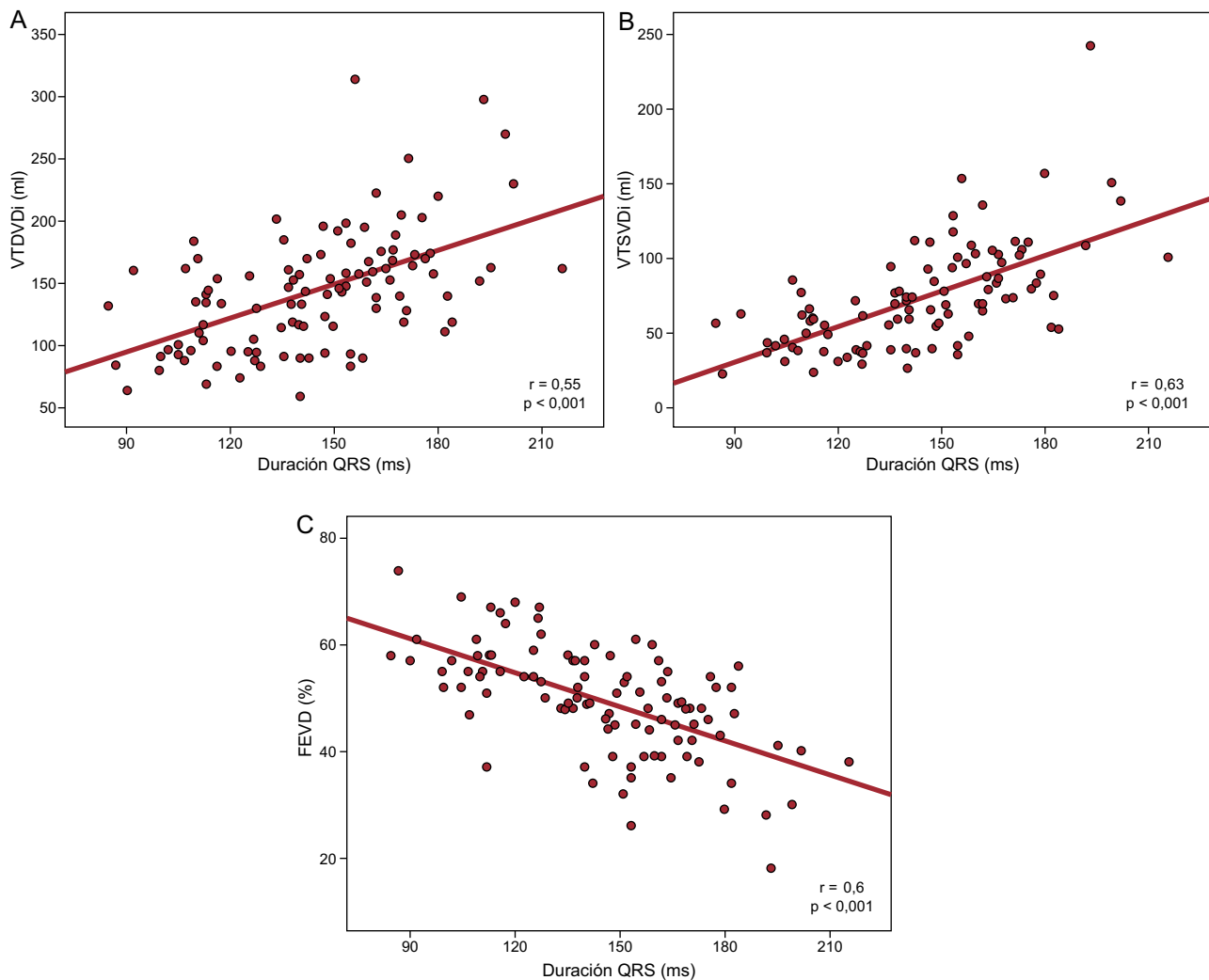


Figura 4. Estudio de la correlación entre la anchura del QRS y los parámetros de volumen y función del ventrículo derecho estimados mediante cardiiorresonancia magnética. FEVD: fracción de eyección del ventrículo derecho; VTDVDi: volumen telediastólico del ventrículo derecho indexado; VTSVDi: volumen telesistólico del ventrículo derecho indexado.

corte de QRSd > 140 ms mostró una sensibilidad del 89% (intervalo de confianza del 95% [IC95%], 72%-96%) y una especificidad del 56% (IC95%, 45%-66%) para predecir disfunción del VD, con un valor predictivo negativo del 94% (IC95%, 81%-98%). Se estudió la curva ROC obtenida con QRSd para detectar dilatación del VD (> 150 ml/m²); se halló para QRSd > 140 ms una sensibilidad de 76% (IC95%, 63%-85%) y una especificidad del 65% (IC95%, 52%-77%), con un valor predictivo negativo del 72% (IC95%, 58%-83%). El área bajo la curva para la detección de dilatación del VD fue 0,76 (figura 6 B).

Con los datos derivados de la curva ROC, se estableció como punto de corte óptimo de QRSd para detectar dilatación y disfunción del VD una anchura > 140 ms, con lo que se creó una variable binaria en función de QRSd mayor o menor que 140 ms. Empleamos esta nueva variable y los datos previos existentes (edad, sexo, edad en el momento de la corrección quirúrgica, tiempo de evolución tras la corrección, fístula paliativa previa, uso de parche transanular en la cirugía y presencia de fragmentación) para la elaboración de sendos modelos de regresión logística para predecir la presencia de dilatación y disfunción del VD. La presencia de un QRSd > 140 ms (*hazard ratio* [HR] = 6,69; IC95%, 2,69-16,71; $p < 0,001$) y el sexo masculino (HR = 0,34; IC95%, 0,14-0,84; $p = 0,019$) se mostraron como los únicos predictores independientes de dilatación del VD. Ambas

variables se mostraron también como predictores independientes de disfunción del VD: QRSd > 140 ms, HR = 10,69 (IC95%, 2,91-39,37; $p < 0,001$); sexo masculino, HR = 0,32 (IC95%, 0,12-0,895; $p = 0,031$).

DISCUSIÓN

El ECG de superficie es una técnica esencial en la cardiología clínica; se trata de una herramienta incruenta, de bajo coste y disponible en la práctica totalidad de los centros sanitarios, que tiene enorme valor clínico para el diagnóstico de una gran variedad de trastornos cardíacos¹² y aporta asimismo información pronóstica¹³.

Nuestro trabajo plantea el estudio del valor de la anchura y la fragmentación del QRS para el diagnóstico de dilatación y disfunción del VD. Estudiamos de forma selectiva a pacientes con IP significativa tras la reparación quirúrgica de una TF o estenosis pulmonar congénita.

Se ha demostrado la capacidad predictiva de eventos de la duración del complejo QRS y la presencia de fragmentación, así como su buena correlación con parámetros clínicos y de imagen en pacientes con cardiopatías tanto adquiridas^{14,15} como congénitas^{16,17}. La relación entre la duración del complejo QRS y el

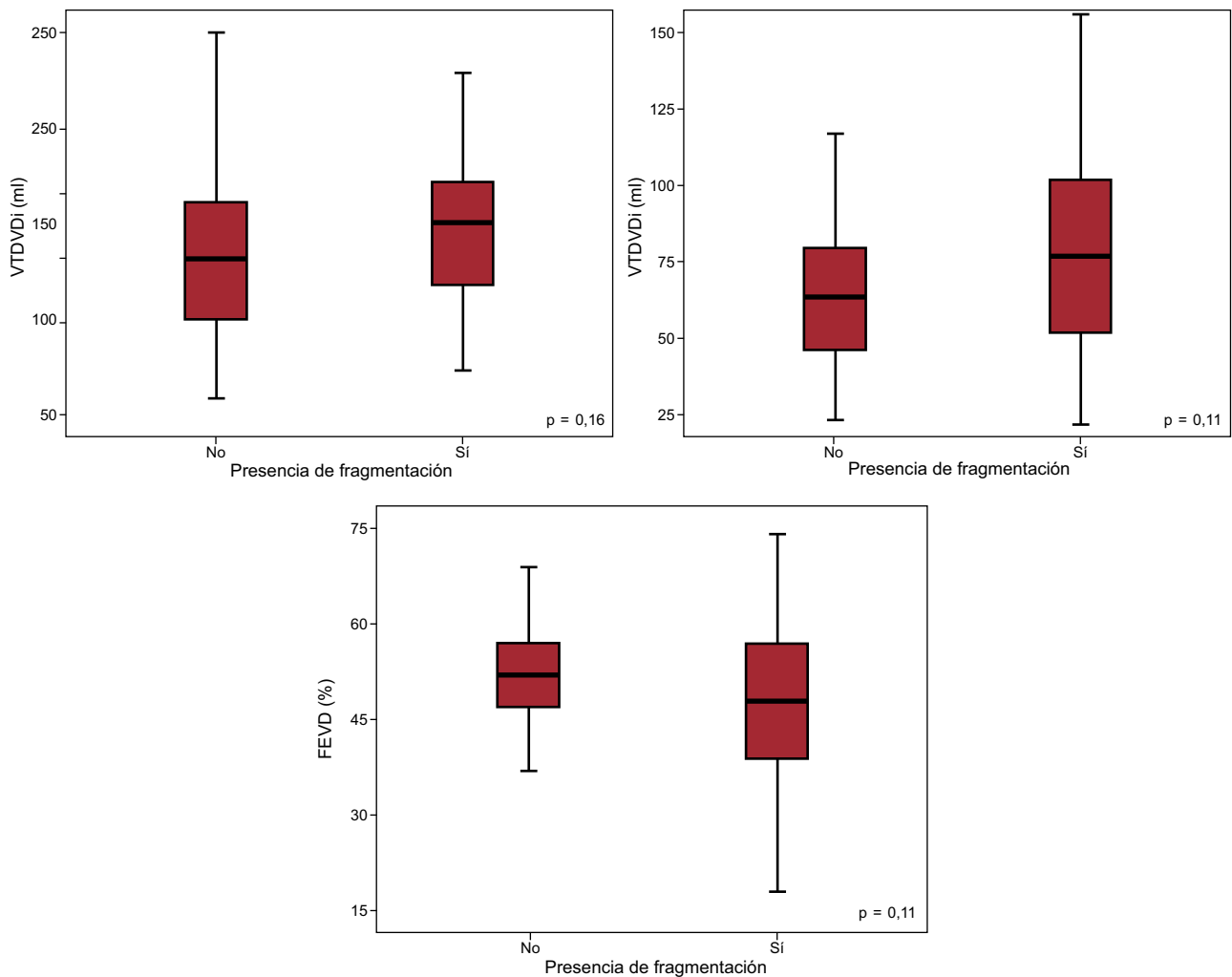


Figura 5. Estudio de las características morfológicas y funcionales del ventrículo derecho en función de la presencia de fragmentación. FEVD: fracción de eyección del ventrículo derecho; VTDVDi: volumen telediastólico del ventrículo derecho indexado; VTSVDi: volumen telesistólico del ventrículo derecho indexado.

volumen del VD se ha estudiado previamente; Gatzoulis et al¹⁸ demostraron que la presencia de QRS > 180 ms se correlaciona con un VD más dilatado y es capaz de predecir la aparición de arritmias ventriculares en pacientes con TF reparada. Según Gatzoulis et al, la

despolarización anómala que se produce en el VD dilatado condiciona el ensanchamiento del QRS, siguiendo una hipótesis de interacción mecanoeléctrica; estudios posteriores han confirmado dicha hipótesis estudiando la dinámica del VD mediante

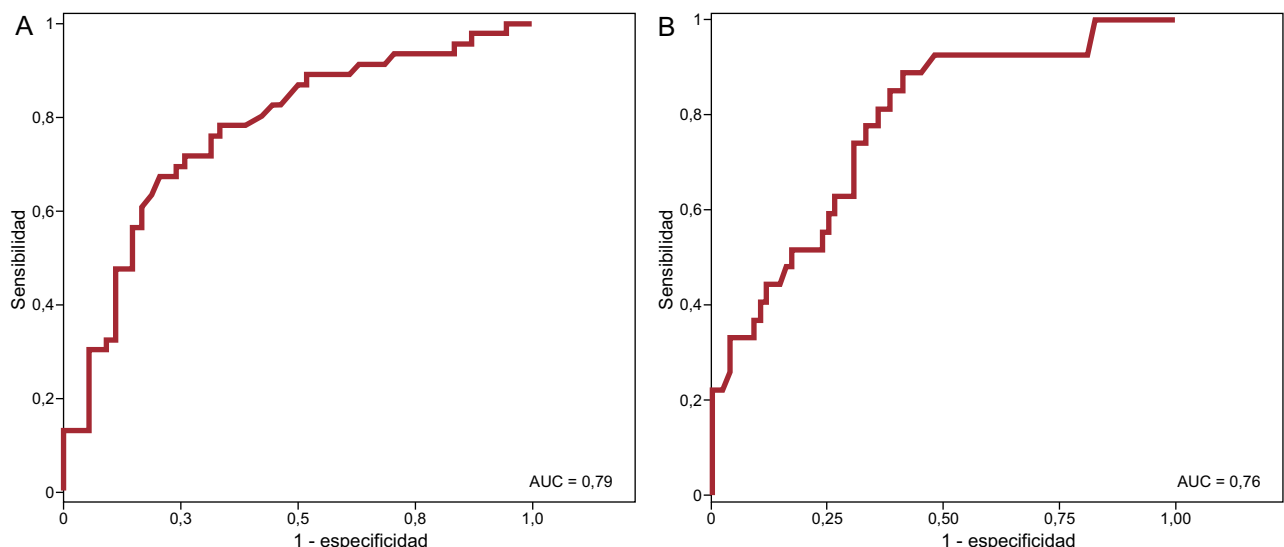


Figura 6. Curva ROC de la anchura del QRS para el diagnóstico de disfunción (A) y dilatación (B) del ventrículo derecho. AUC: área bajo la curva.

ecocardiografía tridimensional¹⁹ y CRM²⁰. En una reciente revisión, Bassareo y Mercurio⁹ apuntan que la duración del QRS es uno de los más robustos predictores de arritmias ventriculares en pacientes con TF reparada, y hacen hincapié en su medición. Plantean como limitación las elevadas variabilidades en la medición del QRS tanto interobservador como intraobservador.

Sung et al²¹ propusieron que ciertos patrones electrocardiográficos y el QRS largo de los pacientes con comunicación interauricular tipo *ostium secundum* se relaciona con la dilatación del VD, más que con un trastorno intrínseco del sistema de conducción intraventricular. Recientemente, Ladouceur et al²² han estudiado el papel del QRS en pacientes con IP significativa en el seno de una cardiopatía congénita. En este estudio se concluyó que ciertos parámetros ecocardiográficos y electrocardiográficos (la anchura del QRS) facilitan la identificación de los pacientes que requieren un seguimiento más estrecho mediante CRM.

La fragmentación del QRS se ha establecido como un marcador de afección miocárdica, que puede ser una alteración cardíaca primaria (como la hipertrofia ventricular izquierda¹², los síndromes coronarios agudos¹⁴ o la DAVD¹⁵) o secundaria, en el contexto de enfermedad sistémica (como amiloidosis¹⁵, artritis reumatoide¹⁶ o sarcoidosis pulmonar¹⁷).

En el ámbito de las cardiopatías congénitas del adulto, hay varias publicaciones recientes sobre la fragmentación; Assenza et al¹⁷ han descrito en un reciente trabajo que la presencia de fragmentación predijo un mayor volumen «atrializado» del VD en una cohorte de pacientes con anomalía de Ebstein; Shanmugam et al²³ han estudiado la fragmentación en pacientes con TF reparada; se asoció con un VD disfuncionante y la existencia de aneurisma del tracto de salida del VD (en particular la fragmentación en derivaciones anteriores).

Nuestro estudio ha analizado a pacientes diagnosticados de IP significativa secundaria a una reparación quirúrgica de TF o estenosis pulmonar congénita. El estudio de los parámetros derivados del QRS muestra, a diferencia del trabajo de Bassareo y Mercurio⁹, elevada reproducibilidad de las mediciones electrocardiográficas tanto interobservador como intraobservador. De manera similar a lo expuesto en la literatura previa, la anchura del QRS muestra buena correlación con los datos de función y volumen del VD estimados mediante CRM, y es un predictor independiente de la presencia de dilatación y disfunción del VD. Asimismo, la curva ROC muestra una buena área bajo la curva para la detección de dilatación y de disfunción del VD.

Como punto novedoso de este trabajo, se seleccionó, a partir de los datos obtenidos de las curvas ROC, un punto de corte óptimo para cribar la presencia de dilatación y disfunción del VD. Así, la anchura del QRS > 140 ms muestra una sensibilidad > 90% para la detección de disfunción del VD y > 80% para la detección de dilatación del VD.

La presencia de fragmentación del QRS en nuestra muestra es menos frecuente que en estudios previos (aproximadamente un 50% de los pacientes, frente a casi el 80% en otras series publicadas); además, no mostró relación estadísticamente significativa con la dilatación y la disfunción del VD, a diferencia de lo referido en la literatura²³. Una posible explicación a este hecho estriba en las diferencias en las poblaciones de estudio, ya que los pacientes incluidos en el trabajo de Shanmugam et al²³, en el que se registró mayor prevalencia de fragmentación, tenían VD más dilatados y con peor función sistólica. Probablemente esté por definir el papel de la fragmentación del QRS en pacientes con un VD de menor volumen, aunque a tenor de nuestros resultados es posible que aporte poco en las fases iniciales de la dilatación y la disfunción ventriculares. Es precisamente en estas fases precoces cuando el cribado de disfunción del VD adquiere especial importancia.

Al realizar el análisis de regresión, se obtuvo como predictor independiente de afección del VD la presencia de un QRS > 140 ms; el hecho de que la fragmentación no lo fuera probablemente esté en relación con la marcada colinealidad existente entre ambas variables.

Limitaciones

La principal limitación es el pequeño tamaño muestral (107 pacientes), que limita la generalización de las conclusiones obtenidas, asumiendo la dificultad de realizar estudios con tamaño muestral elevado sobre enfermedades de baja prevalencia. Se trata, además, de un estudio basado en datos retrospectivos, con lo que hay más riesgo de incurrir en sesgos.

Consideramos que se requieren nuevos estudios de mayor escala para confirmar el valor del diámetro del QRS para el cribado de dilatación y/o disfunción del VD.

Sería deseable estudiar el valor diagnóstico de la fragmentación en pacientes con un volumen del VD moderadamente aumentado, ya que los datos existentes en la literatura provienen de estudios realizados en pacientes con una marcada dilatación del VD.

CONCLUSIONES

Se trata del primer estudio que propone un punto de corte de QRSd para el cribado de afección del VD. El QRSd es capaz de predecir de manera independiente la presencia de dilatación y disfunción del VD. La baja variabilidad de las mediciones electrocardiográficas hacen de esta una herramienta útil, rápida, disponible y reproducible.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

BIBLIOGRAFÍA

1. Apitz C, Webb GD, Redington AN. Tetralogy of Fallot. *Lancet*. 2009;374:1462-71.
2. Starr JP. Tetralogy of Fallot: yesterday and today. *World J Surg*. 2010;34:658-68.
3. Cuypers JA, Witsenburg M, Van der Linde D, Roos-Hesselink JW. Pulmonary stenosis: update on diagnosis and therapeutic options. *Heart*. 2013;99:339-47.
4. Therrien J, Siu SC, McLaughlin PR, Liu PP, Williams WG, Webb GD. Pulmonary valve replacement in adults late after repair of tetralogy of fallot: are we operating too late? *J Am Coll Cardiol*. 2000;36:1670-5.
5. Quail MA, Frigiola A, Giardini A, Muthurangu V, Hughes M, Lurz P, et al. Impact of pulmonary valve replacement in tetralogy of Fallot with pulmonary regurgitation: a comparison of intervention and nonintervention. *Ann Thorac Surg*. 2012;94:1619-26.
6. Buendía F, Cano Ó, Sánchez-Gómez JM, Igual B, Osca J, Sancho-Tello MJ, et al. Cardiac magnetic resonance imaging at 1.5 T in patients with cardiac rhythm devices. *Europace*. 2011;13:533-8.
7. Das MK, Maskoun W, Shen C, Michael MA, Suradi H, Desai M, et al. Fragmented QRS on twelve-lead electrocardiogram predicts arrhythmic events in patients with ischemic and nonischemic cardiomyopathy. *Heart Rhythm*. 2010;7:74-80.
8. Plymen CM, Hughes ML, Picaut N, Panoulas VF, Macdonald ST, Cullen S, et al. The relationship of systemic right ventricular function to ECG parameters and NT-proBNP levels in adults with transposition of the great arteries late after Senning or Mustard surgery. *Heart*. 2010;96:1569-73.
9. Bassareo PP, Mercurio G. QRS complex enlargement as a predictor of ventricular arrhythmias in patients affected by surgically treated tetralogy of Fallot: A comprehensive literature review and historical overview. *ISRN Cardiol*. 2013;2013:782508.
10. Lancellotti P, Tribouilloy C, Hagendorff A, Moura L, Popescu BA, Agricola E, et al; European Association of Echocardiography. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. Part 1: aortic and pulmonary regurgitation (native valve disease). *Eur J Echocardiogr*. 2010;11:223-44.
11. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in

- adults: a report from the American Society of Echocardiography Endorsed by the European Association of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23:685–713.
12. Rodríguez-Padial L, Rodríguez-Picón B, Jerez-Valero M, Casares-Medrano J, Akerström FO, Calderon A, et al. Precisión diagnóstica del electrocardiograma asistido por ordenador al diagnosticar hipertrofia ventricular izquierda en el bloqueo de rama izquierda. *Rev Esp Cardiol*. 2012;65:38–46.
 13. Kashani A, Barold SS. Significance of QRS complex duration in patients with heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46:2183–92.
 14. Das MK, Michael MA, Suradi H, Peng J, Sinha A, Shen C, et al. Usefulness of fragmented QRS on a 12-lead electrocardiogram in acute coronary syndrome for predicting mortality. *Am J Cardiol*. 2009;104:1631–7.
 15. Das MK, Zipes DP. Fragmented QRS: a predictor of mortality and sudden cardiac death. *Heart Rhythm*. 2009;6(3 Suppl):S8–14.
 16. Peters S, Trummel M, Koehler B. QRS fragmentation in standard ECG as a diagnostic marker of arrhythmogenic right ventricular dysplasia-cardiomyopathy. *Heart Rhythm*. 2008;5:1417–21.
 17. Assenza EG, Valente AM, Geva T, Graham D, Pluchinotta FR, Sanders SP, et al. QRS duration and QRS fractionation on surface electrocardiogram are markers of right ventricular dysfunction and atrialization in patients with Ebstein anomaly. *Eur Heart J*. 2013;34:191–200.
 18. Gatzoulis MA, Till JA, Somerville J, Redington A. Mechano-electrical interaction in tetralogy of Fallot. QRS prolongation relates to right ventricular size and predicts malignant ventricular arrhythmias and sudden death. *Circulation*. 1995;92:231–7.
 19. Abd El Rahman MY, Abdul-Khaliq H, Vogel M, Alexi-Meskishvili V, Gutberlet M, Lange PE. Relation between right ventricular enlargement, QRS duration, and right ventricular function in patients with tetralogy of Fallot and pulmonary regurgitation after surgical repair. *Heart*. 2000;84:416–20.
 20. Tzemos N, Harris L, Carasso S, Dos Subira L, Greutmann M, Provost Y, et al. Adverse left ventricular mechanics in adults with repaired tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol*. 2009;103:420–5.
 21. Sung RJ, Tamer DM, Agha AS, Castellanos A, Myerburg RJ, Gelband H. Etiology of the electrocardiographic pattern of 'incomplete right bundle branch block' in atrial septal defect: an electrophysiologic study. *J Pediatric*. 1975;87:1182–6.
 22. Ladouceur M, Gillaizeau F, Redheuil A, Iserin L, Bonnet D, Boudjemline Y, et al. Optimal follow-up in adult patients with congenital heart disease and chronic pulmonary regurgitation: Towards tailored use of cardiac magnetic resonance imaging. *Arch Cardiovascular Dis*. 2013;106:27–35.
 23. Shanmugam N, Yap J, Tan RS, Thu Thao Le, Gao F, Jia Xin Chan, et al. Fragmented QRS complexes predict right ventricular dysfunction and outflow tract aneurysms in patients with repaired tetralogy of Fallot. *Int J Cardiol*. 2013;167:1366–72.