










Duración de la onda P en las 12 derivaciones del electrocardiograma y su relación con el tiempo de conducción interauricular en pacientes con taquicardias paroxísticas supraventriculares

Dr. Raimundo Carmona Puerta¹✉, Dr. C. Elibet Chávez González¹, Dr. C. Magda A. Rabassa López-Calleja², Dra. Elizabeth Lorenzo Martínez³, Dr. Gustavo Padrón Peña¹, Dr. Juan M. Cruz Elizundia¹, Dr. Fernando Rodríguez González¹, Dr. Yasser Beovides Medero⁴ y Dr. Orlando Chaviano Herrera³

¹ Servicio de Electrofisiología y Arritmología, Hospital Universitario Cardiocentro Ernesto Guevara. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

² Servicio de Cardiología, Hospital Universitario Cardiocentro Ernesto Guevara. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

³ Departamento de Fisiología, Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara. Santa Clara, Villa Clara, Cuba

⁴ Institut de Salut Cardiovascular i Rehabilitació Cardíaca (INSCOR). Barcelona, España.

Full English text of this article is also available

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 16 de marzo de 2020

Aceptado: 23 de abril de 2020

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Abreviaturas

P_{dur}: duración de la onda P

TCI: tiempo de conducción interauricular

TRIN: taquicardia por reentrada intranodal

VAc: vías accesorias

RESUMEN

Introducción: Existen algunos estudios que relacionan parámetros de la onda P con diferentes tiempos de conducción auricular, pero no se han realizado teniendo en cuenta a cada derivación del electrocardiograma.

Objetivo: Determinar la duración de la onda P (P_{dur}) en las 12 derivaciones y relacionarlas con el tiempo de conducción interauricular.

Método: Estudio de corte transversal en 153 pacientes adultos con diagnóstico confirmado de taquicardia por reentrada intranodal (TRIN) o vías accesorias mediante estudio electrofisiológico invasivo.

Resultados: Al comparar la P_{dur} entre sustratos arrítmicos por cada derivación, no existieron diferencias significativas, excepto en V_6 . En las derivaciones D_{II} , D_{III} , aVR , aVF , V_1 y de V_3 - V_6 la P_{dur} se correlacionó con el tiempo de conducción interauricular en ambos sustratos arrítmicos. En el análisis multivariado, la P_{dur} constituyó un predictor independiente de tiempos de conducción interauricular ≥ 95 percentil, en las derivaciones de cara inferior y en V_3 , V_5 y V_6 . Se observaron altos valores del área bajo la curva de la Característica Operativa del Receptor en las derivaciones D_{II} (0,950; $p < 0,001$), D_{III} (0,850; $p < 0,001$) y V_5 (0,891; $p < 0,001$).

Conclusiones: No existen diferencias por derivación en la P_{dur} al comparar casos con TRIN y vías accesorias, excepto en V_6 . La mayoría de las derivaciones se correlacionaron con el tiempo de conducción interauricular. La P_{dur} fue un predictor independiente de tiempos de conducción interauricular ≥ 95 percentil. La derivación D_{II} presenta la mayor capacidad discriminativa para encontrar valores prolongados del tiempo de conducción interauricular.

Palabras clave: Duración de la onda P, Electrocardiograma, Tiempo de conducción interauricular, Estudio electrofisiológico, Taquicardia por reentrada intranodal, Vías accesorias

✉ Raimundo Carmona Puerta
Calle B #15 e/ Maceo y M. Ruiz
Rpto. Villa Josefa. Santa Clara 50200
Villa Clara, Cuba.
Correo electrónico:
raimundocp@infomed.sld.cu

P wave duration in the 12 leads of the electrocardiogram and its relationship with interatrial conduction time in patients with paroxysmal supraventricular tachycardias

Contribución de los autores

RCP: Concepción y diseño de la investigación; obtención, análisis e interpretación de los datos y redacción del manuscrito.

ECG, MARLC, ELM, GPP, JMCE, FRG: Análisis e interpretación de los datos y redacción del manuscrito.

YBM y OCH: Revisión bibliográfica y ayuda en la redacción del manuscrito.

Todos los autores revisaron críticamente el manuscrito y aprobaron el informe final.

ABSTRACT

Introduction: Although some studies relate P wave parameters to different atrial conduction times, they do not consider each electrocardiogram lead separately.

Objectives: To determine the duration of P wave (P_{dur}) in the 12 leads of the electrocardiogram and relate it to the interatrial conduction time.

Methods: We conducted a cross-sectional study in 153 adult patients with confirmed diagnosis of atrioventricular nodal reentry tachycardia (AVNRT) or accessory pathways by invasive electrophysiological study.

Results: When comparing the P_{dur} between arrhythmic substrates by each lead, no significant differences were found, except for V_6 . In leads II, III, aVR, aVF, V_1 and V_3-V_6 , P_{dur} was correlated with the interatrial conduction time in both arrhythmic substrates. In our multivariate analysis, the P_{dur} was an independent predictor of interatrial conduction times ≥ 95 percentile in inferior wall leads and in V_3 , V_5 and V_6 . High values of the area under the receiver operating characteristic curve were observed in II (0.950; $p < 0.001$), III (0.850; $p < 0.001$) and V_5 (0.891; $p < 0.001$) leads.

Conclusions: The P_{dur} showed no difference by leads when comparing cases with AVNRT and accessory pathways, except for V_6 . Most of the leads were correlated with the interatrial conduction time; P_{dur} was an independent predictor of interatrial conduction times ≥ 95 percentile. Lead II has the greatest discriminatory ability to find prolonged values of interatrial conduction time.

Keywords: P wave duration, Electrocardiogram, Interatrial conduction time, Electrophysiological study, Atrioventricular nodal reentry tachycardia, Accessory pathways

INTRODUCCIÓN

Varios estudios han analizado la relación entre distintos índices de la onda P y los tiempos de conducción auricular¹⁻⁵. La mayoría con la realización de mediciones indirectas a través de modalidades ecocardiográficas en conjunto con el electrocardiograma. Sin embargo, la relación de estos tiempos con la duración de la onda P (P_{dur}) por cada una de las 12 derivaciones del electrocardiograma no ha sido estudiada, mucho menos empleando estudios electrofisiológicos invasivos que constituyen la prueba de referencia para la medición de la conducción eléctrica en el corazón. Es por esto que la siguiente investigación se propone determinar la duración de la onda P en las 12 derivaciones del electrocardiograma y relacionarla con el tiempo de conducción interauricular (TCI).

MÉTODO

Se realizó un estudio de corte transversal en 153 pacientes con edades entre 18-70 años. Los casos fueron seleccionados aleatoriamente, a partir de una población de estudio conformada por 286 pacientes con historia clínica de palpitaciones y diagnóstico confirmado de taquicardia por reentrada intranodal

(TRIN) o vías accesorias (VAc), a quienes se les realizó estudio electrofisiológico y ablación endocavitaria en el Servicio de Electrofisiología Cardíaca Clínica y Arritmología del Hospital Universitario Cardiocentro Ernesto Guevara, de la ciudad de Santa Clara, Cuba, en el período comprendido entre junio de 2017 y febrero de 2020.

El estudio electrofisiológico se realizó con el paciente en ayunas de 8 horas y sin medicación antiarrítmica, al menos por 5 o más vidas medias del fármaco. Todos los casos tuvieron diagnóstico de corazón estructural y funcionalmente normal por ecocardiografía transtorácica.

Criterios de exclusión

Se excluyeron los pacientes con las siguientes características:

- Tener más de dos derivaciones electrocardiográficas que no permitieran medir la onda P o cualquier canal de los registros intracavitarios auriculares con mala calidad de la señal.
- Preexcitación ventricular permanente, por su dificultad para medir la terminación de la onda P.

Variables del estudio

P_{dur} : Se refiere a la duración de la onda P. Fue medida, en milisegundos (ms), en cada una de las 12 derivaciones del electrocardiograma.

TCI: Se refiere al tiempo de conducción interauricular. Fue obtenido mediante la determinación del intervalo P-A seno coronario distal, que es el lapso de tiempo transcurrido entre el comienzo de la onda P y el inicio de la inscripción del electrograma bipolar local obtenido desde el par distal 1-2 de un catéter decapolar BIOTRONIK, introducido en el seno coronario hasta el anillo mitral lateral izquierdo (con un espaciado de 5 mm entre electrodos de un mismo par, y un espaciado entre los pares de 10 mm)^{6,7}. Dicho par 1-2 recogió la activación local de la aurícula izquierda lateral.

Técnica y procedimiento

Las medidas fueron realizadas por un electrofisiólogo de experiencia, para evitar el error interobservador, cegado de los datos de cada caso y con el paciente despierto, sin efecto de anestésicos ni isoprenalina y antes de la aplicación de radiofrecuencia, en un polígrafo multicanal EP TRACER de la firma BIOTRONIK, con la utilización de un calibrador (*caliper*) electrónico manual.

liper) electrónico manual.

Siempre se tomaron 3 complejos seguidos en cada medida electrocardiográfica y electrofisiológica, y se promediaron. Los registros electrocardiográficos fueron obtenidos con una velocidad de barrido de 50 mm/s y una amplificación de 20 mm/mV. El comienzo y el final de la onda P fueron definidos como los puntos donde la deflexión inicial y final de dicha onda hacían intersección con la línea isoelectrónica. Si el comienzo o terminación de la onda P no se visualizaba claramente, se excluía esa derivación. En las medidas electrofisiológicas se utilizó una velocidad de barrido de 300 mm/s.

El diagnóstico de TRIN se confirmó mediante la inducción de la taquicardia en todos los casos. La presencia de VAc fue demostrada poniendo de manifiesto la conducción retrógrada anormal por la vía mediante estimulación desde el ápex del ventrículo derecho; además, en la mayoría de los casos pudo inducirse taquicardia ortodrómica.

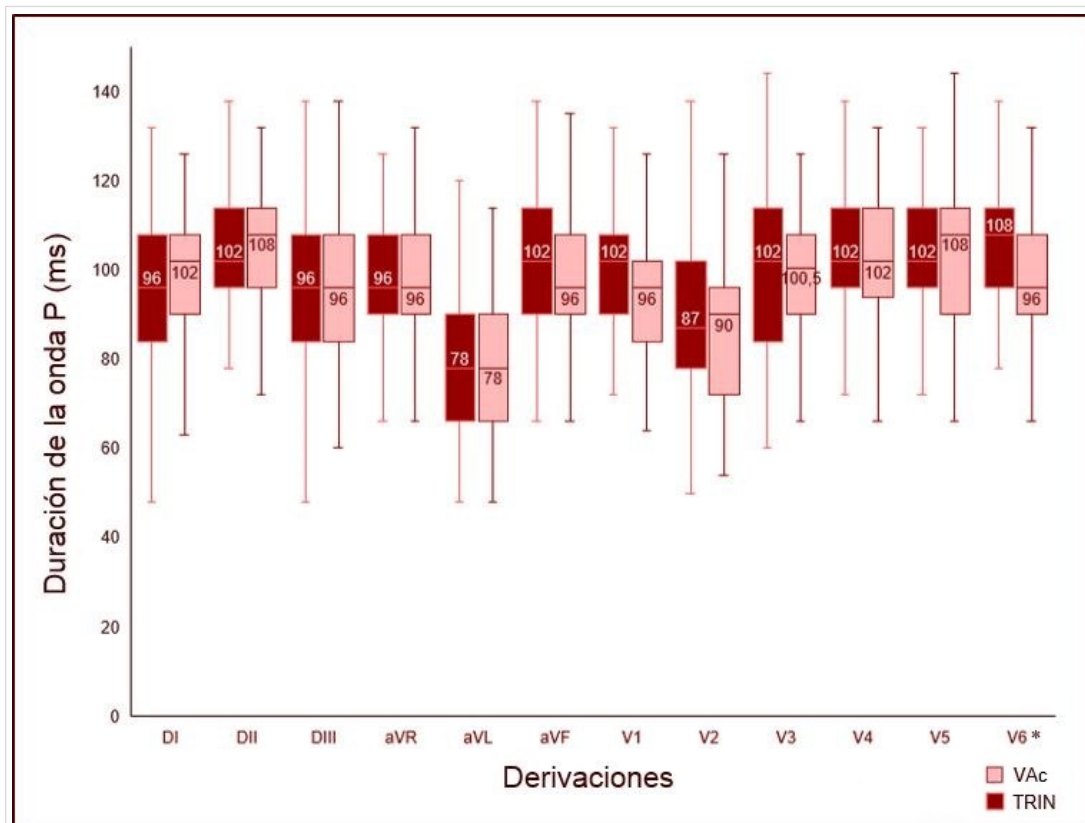


Figura 1. Diagrama de cajas que muestra la duración de la onda P en las 12 derivaciones del electrocardiograma y por sustratos arrítmicos.

*Única comparación significativa entre sustratos arrítmicos ($p=0,006$).

Se presenta la mediana, el 25 y 75 percentil, así como los valores mínimo y máximo.

TRIN, taquicardia de reentrada intranodal; VAc, vía accesoria.

Procesamiento estadístico

El análisis estadístico fue realizado mediante el software SPSS, versión 21.0. Para la comparación de variables continuas provenientes de 3 o más muestras independientes se utilizó la prueba de Kuskal-Wallis, previa comprobación de la falta de normalidad en los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. El análisis *a posteriori*, en caso de rechazarse H_0 , se efectuó mediante la prueba de Dunn-Bonferroni.

Estos datos fueron presentados como mediana, primer y tercer cuartil. Para determinar el grado de asociación entre las variables se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. El análisis multivariado se realizó a través de regresión logística binomial. La capacidad discriminante de la P_{dur} para encontrar casos con valores de TCI ≥ 95 percentil fue determinada mediante curvas de la Característica Operativa del Receptor. Se consideró significativo un nivel de $p < 0,05$.

RESULTADOS

La (Figura 1) presenta la mediana de P_{dur} en las 12 derivaciones del electrocardiograma, así como el intervalo intercuartil y los valores máximos y mínimos en pacientes con VAc y TRIN. La derivación aVL presentó la menor mediana de P_{dur} ($p < 0,001$) entre todas las derivaciones, en ambos tipos de sustratos arrítmicos. En el grupo con TRIN la derivación con mayor mediana fue V_6 (108 ms), que no presentó diferencias significativas al ser comparada con las derivaciones D_{II} , aVF, V_1 , V_3 , V_4 y V_5 , que mostraron una mediana de 102 ms. En el grupo con VAc D_{II} y V_5 tuvieron la mayor mediana de la P_{dur} con un valor de 108 ms que no fue estadísticamente significativo ($p > 0,05$) al ser comparado con el observado en D_I y V_4 (102 ms). Al comparar la P_{dur} entre sustratos arrítmicos por cada derivación no existieron diferencias significativas, excepto en V_6 , donde fue mayor en los casos con TRIN (TRIN 108 ms vs. VAc 96 ms; $p = 0,006$).

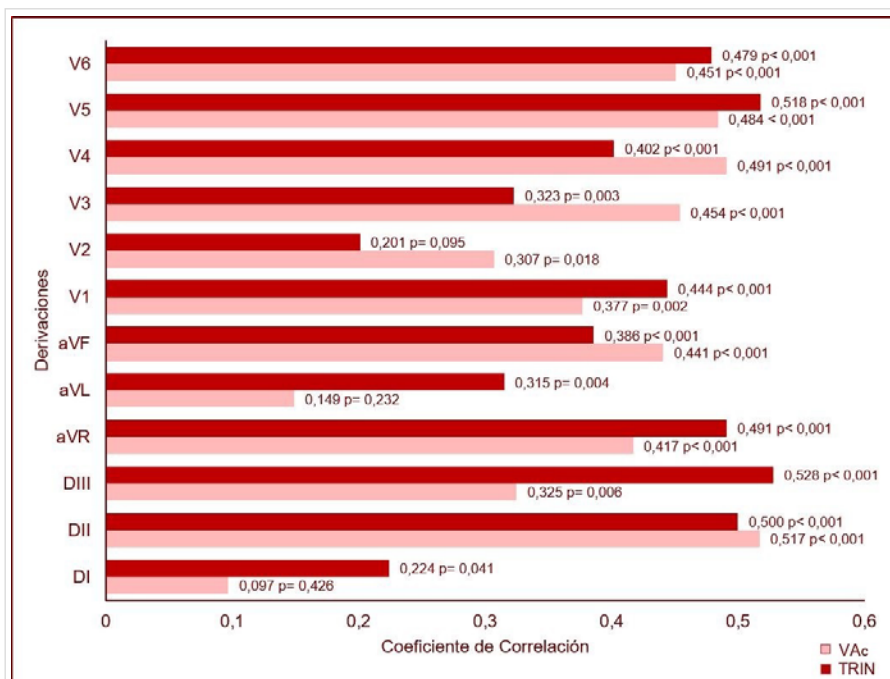


Figura 2. Coeficientes de correlación de Pearson obtenidos al comparar la duración de la onda P con el tiempo de conducción interauricular en las 12 derivaciones del electrocardiograma, en los sustratos arrítmicos evaluados.

En las derivaciones D_{II} , D_{III} , aVR, aVF, V_1 y de V_3 - V_6 la P_{dur} se correlacionó con el TCI en ambos grupos (Figura 2). La fuerza de las correlaciones estuvo entre débil a moderada. En pacientes con VAc los mayores coeficientes de correlación se alcanzaron en la derivación D_{II} ($r = 0,517$; $p < 0,001$) y V_5 ($r = 0,484$; $p < 0,001$), un hallazgo muy similar al encontrado en pacientes con TRIN en las derivaciones D_{II} ($r = 0,500$; $p < 0,001$), D_{III} ($r = 0,528$; $p < 0,001$) y V_5 ($r = 0,518$; $p < 0,001$). En D_I y aVL la P_{dur} y el TCI solo se correlacionaron en casos con TRIN, mientras que en V_2 lo hicieron solo en pacientes con VAc.

El análisis multivariable de regresión logística binomial aplicado para cada derivación y controlado para potenciales confusores, como la edad, tipos de sustratos arrítmicos e hipertensión arterial, mostró que la P_{dur} constituyó un predictor independiente de valores del TCI ≥ 95 percentil en las derivaciones de cara inferior (D_{II} , D_{III} , y aVF) y en V_3 , V_5 y V_6 (Tabla).

Sin tener en cuenta los tipos de sustratos arrítmicos la P_{dur} posee un alto poder discriminativo para encontrar casos con TCI ≥ 95 percentil en el análisis de la Característica Operativa del Receptor. Las derivaciones D_{II} , D_{III} y V_5 presentaron las mayores áreas bajo la curva (0,950; 0,850 y 0,891; respectivamente), especialmente D_{II} , que alcanzó un valor casi igual a 1 (Figura 3).

Tabla. Resultados del análisis multivariable de regresión logística para la duración de la onda P como variable predictora y el tiempo de conducción interauricular ≥ 95 percentil como dependiente, ajustado para la edad, hipertensión arterial y tipos de sustratos arrítmicos.

| Duración de la onda P | OR | IC 95% | Valor de p |
|------------------------|-------|-------------|------------|
| P_{dur} en D_I | 1,021 | 0,965-1,081 | 0,465 |
| P_{dur} en D_{II} | 1,168 | 1,061-1,286 | 0,002 |
| P_{dur} en D_{III} | 1,105 | 1,034-1,181 | 0,003 |
| P_{dur} en aVR | 1,066 | 0,999-1,137 | 0,055 |
| P_{dur} en aVL | 1,024 | 0,956-1,097 | 0,500 |
| P_{dur} en aVF | 1,078 | 1,010-1,150 | 0,024 |
| P_{dur} en V_1 | 1,005 | 0,936-1,080 | 0,883 |
| P_{dur} en V_2 | 1,005 | 0,916-1,104 | 0,910 |
| P_{dur} en V_3 | 1,078 | 1,022-1,136 | 0,005 |
| P_{dur} en V_4 | 1,053 | 0,998-1,112 | 0,061 |
| P_{dur} en V_5 | 1,106 | 1,034-1,184 | 0,004 |
| P_{dur} en V_6 | 1,085 | 1,018-1,157 | 0,012 |

IC, intervalo de confianza; OR, *odds ratio* (razón de probabilidades); P_{dur} , duración de la onda P.

Al utilizar un punto de corte $\geq 112,5$ ms en D_{II} se alcanza una sensibilidad de 100% y especificidad de 69,4%, y al tomar un valor ≥ 127 ms se consigue mejorar la especificidad (sensibilidad 83,3%; especificidad 99,9%). El mejor valor de corte en las derivaciones D_{III} (sensibilidad 100%, especificidad 87,7%) y V_5 (sensibilidad 100%, especificidad 73,1%) fue ≥ 111 ms (datos no presentados en tablas o gráficos).

DISCUSIÓN

La P_{dur} es la expresión del tiempo requerido para la despolarización de las aurículas derecha e izquierda⁸. La derivación aVL pertenece al plano frontal. Su posición en el sistema hexaxial podría explicar por qué fue la derivación de menor duración en nuestro estudio. Si se tiene en cuenta que el eje eléctrico de la onda P es de aproximadamente $+60^\circ$ en el plano frontal^{9,10} y que guardaría una separación de 90° respecto a aVL, necesariamente ocurriría una falta de inscripción de al menos algunas porciones de la onda P.

Es bien conocido en electrocardiografía que cuando un vector transita perpendicularmente con respecto a una derivación dada, tal vector no se registra. Carmona *et al*¹¹ encontraron que aVL era la derivación con menor duración de P en una serie de futbolistas de alto rendimiento, la que alcanzó un valor promedio de $69,64 \pm 22,63$ ms. Sin embargo, Gialafos *et al*¹², al estudiar a 1353 hombres jóvenes pertenecientes a la fuerza área griega, encontraron que la derivación V_1 era la que con mayor frecuencia presentaba la onda P de menor duración, seguido por V_2 y aVL, con prevalencias respectivas de 25,3%, 18,2% y 15,7%. En ese mismo estudio la onda P de mayor duración se encontró en D_{II} , V_6 , V_3 y V_4 con prevalencias de 16,3%, 12,5%, 11,5% y 11,5%, respectivamente.

La onda P constituye el marcador no invasivo más reconocido para la conducción auricular¹³. Se ha demostrado que los incrementos en la P_{dur} reflejan aumentos en la duración de los tiempos de con-

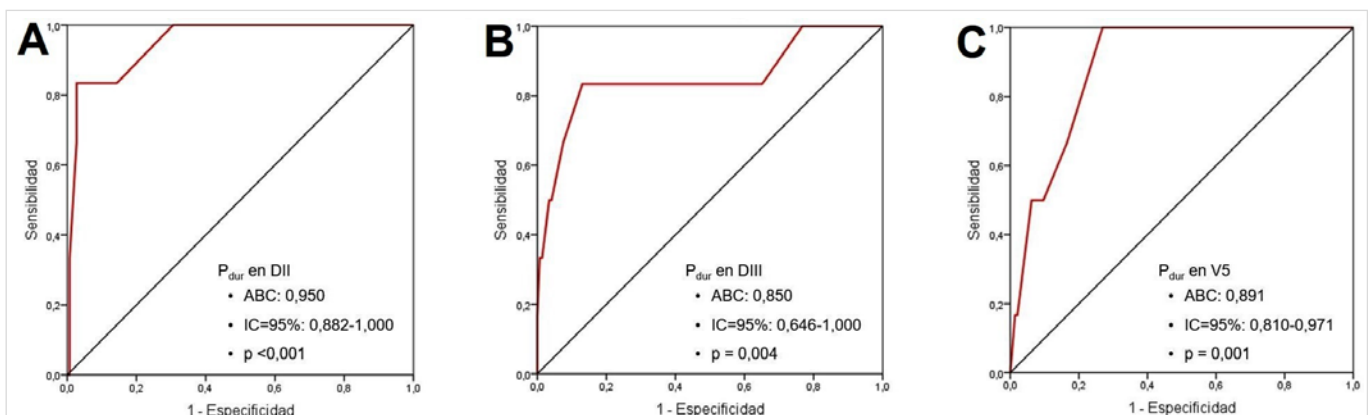


Figura 3. Mejores curvas de la Característica Operativa del Receptor que muestran la relación en todos los pacientes entre sensibilidad y especificidad a través de todos los posibles valores de la duración de la onda P, que definen a pacientes con tiempos de conducción interauricular ≥ 95 percentil. Derivaciones D_{II} (A), D_{III} (B) y V_5 (C) del electrocardiograma.

ducción intra e interauricular¹⁴. Josephson⁷ considera que el tiempo de conducción intraauricular derecho no se correlaciona con la P_{dur} , a diferencia de lo que puede ocurrir con el TCI. Hasta nuestro conocimiento, no existen trabajos que relacionen la onda P con el TCI en cada una de las doce derivaciones del electrocardiograma. Las publicaciones previas se han basado en índices que derivan de la onda P, principalmente su dispersión^{5,15-17}.

Los resultados presentados corroboran los hallazgos previos obtenidos por Josephson⁷, y añaden que esto se cumple tanto en pacientes con TRIN como con VAc. Además, revelan fuerzas de correlación que oscilan entre débil a moderadas en estos pacientes con aurículas normales.

CONCLUSIONES










No existen diferencias por derivación en la duración de la onda P al comparar casos con taquicardia por reentrada intranodal y vías accesorias, excepto en V_6 . En las derivaciones D_{II} , D_{III} , aVR, aVF, V_1 y de V_3 - V_6 , la duración de la onda P se correlacionó con el tiempo de conducción interauricular en ambos sustratos arrítmicos. La duración de la onda P constituyó un predictor independiente de valores del tiempo de conducción interauricular ≥ 95 percentil, en las derivaciones de cara inferior y en V_3 , V_5 y V_6 . La derivación D_{II} presenta la mayor capacidad discriminativa para encontrar valores prolongados del tiempo de conducción interauricular.

BIBLIOGRAFÍA

1. Akturk E, Yagmur J, Acikgoz N, Ermis N, Cansel M, Karakus Y, *et al.* Assessment of atrial conduction time by tissue Doppler echocardiography and P-wave dispersion in smokers. *J Interv Card Electrophysiol.* 2012;34(3):247-53.
2. Badran HM, Faheem N, Wassely KW, Yacoub M. Relationship of left atrial mechanics to electrical activity on surface electrocardiography in idiopathic dilated cardiomyopathy. *Glob Cardiol Sci Pract [Internet].* 2019 [citado 14 Mar 2020]; 2019(1):7. Disponible en: <http://doi.org/10.21542/gcsp.2019.7>
3. Cagirci G, Cay S, Gulsoy KG, Bayindir C, Vural MG, Firat H, *et al.* Tissue Doppler atrial conduction times and electrocardiogram interlead P-wave durations with varying severity of obstructive sleep apnea. *J Electrocardiol.* 2011;44(4):478-82.
4. Çanga Y, Emre A, Yüksel GA, Karataş MB, Yelgeç NS, Gürkan U, Çalık AN, Tireli H, Terzi S. Assessment of atrial conduction times in patients with newly diagnosed Parkinson's disease. *Parkinsons Dis [Internet].* 2018 [citado 14 Mar 2020];2018: 2916905. Disponible en: <http://doi.org/10.1155/2018/2916905>
5. Demir K, Avci A, Kaya Z, Marakoglu K, Ceylan E, Yilmaz A, *et al.* Assessment of atrial electromechanical delay and P-wave dispersion in patients with type 2 diabetes mellitus. *J Cardiol.* 2016; 67(4):378-83.
6. Daubert JC, Pavin D, Jauvert G, Mabo P. Intra- and interatrial conduction delay: implications for cardiac pacing. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2004; 27(4):507-25.
7. Josephson ME. *Clinical cardiac electrophysiology: Techniques and interpretations.* 4^a ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
8. Chen LY, Soliman EZ. P Wave Indices-Advancing Our Understanding of Atrial Fibrillation-Related Cardiovascular Outcomes. *Front Cardiovasc Med [Internet].* 2019 [citado 15 Mar 2020];6:53. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fcvm.2019.00053>
9. Bayés de Luna A. *Clinical electrocardiography: A textbook.* 4^a ed. Oxford: Wiley-Blackwell; 2012.
10. Goldberger AL, Goldberger ZD, Shvilkin A. *Goldberger's Clinical Electrocardiography: A simplified approach.* 9^a ed. Philadelphia: Elsevier; 2018.
11. Carmona Puerta R, Ramos Martín R, Rabassa López-Calleja MA, Monzón León J, Pérez González L, Castro Torres Y, *et al.* Dispersión de la onda P incrementada en futbolistas de alto rendimiento y su relación con el tiempo de práctica deportiva. *CorSalud [Internet].* 2013 [citado 16 Mar 2020]; 5(2):155-60. Disponible en: <http://www.revcorsalud.sld.cu/index.php/cors/article/view/510/959>
12. Gialafos EJ, Dilaveris PE, Synetos AG, Tsolakidis GF, Papaioannou TG, Andrikopoulos GK, *et al.* P wave analysis indices in young healthy men: data from the digital electrocardiographic study in Hellenic Air Force Servicemen (DEHAS). *Pacing Clin Electrophysiol.* 2003;26(1P2):367-72.
13. Platonov PG. Atrial conduction and atrial fibrillation: what can we learn from surface ECG? *Cardiol J.* 2008;15(5):402-7.
14. Centurion OA, Aquino N, Torales J, Scavenius K, Miño L, Sequeira O. P wave duration and dispersion as a useful conventional electrocardiograph-

- ic marker for atrial fibrillation prediction. *J Cardiol Curr Res* [Internet]. 2017 [citado 16 Mar 2020];8(3):00285. Disponible en: <http://doi.org/10.15406/jccr.2017.08.00285>
15. Djikic D, Mujovic N, Dejanovic B, Kocijancic A, Jankovic N, Marinkovic M, *et al.* Evaluation of atrial conduction time in relation to p wave dispersion in patients with different degree of hypertension arterialis with no history of paroxysmal atrial fibrillation. *EP Europace* [Internet]. 2017 [citado 17 Mar 2020];19(Supl 3):iii224. Disponible en: <http://doi.org/10.1093/ehjci/eux151.218> [Resumen].
16. Ermiş N, Açıkgöz N, Yaşar E, Taşolar H, Yağmur J, Cansel M, *et al.* Evaluation of atrial conduction time by P wave dispersion and tissue Doppler echocardiography in prehypertensive patients. *Turk Kardiyol Dern Ars.* 2010;38(8):525-30.
17. Emiroglu MY, Bulut M, Sahin M, Acar G, Akcakoyun M, Kargin R, *et al.* Assessment of atrial conduction time in patients with essential hypertension. *J Electrocardiol.* 2011;44(2):251-6.

P wave duration in the 12 leads of the electrocardiogram and its relationship with interatrial conduction time in patients with paroxysmal supraventricular tachycardias

Raimundo Carmona Puerta¹✉ , MD; Elibet Chávez González¹ , MD, PhD; Magda A. Rabassa López-Calleja² , MD, PhD; Elizabeth Lorenzo Martínez³ , MD; Gustavo Padrón Peña¹ , MD; Juan M. Cruz Elizundia¹ , MD; Fernando Rodríguez González¹ , MD; Yasser Beovides Medero⁴ , MD; and Orlando Chaviano Herrera³ , MD

¹ Department of Electrophysiology and Arrhythmology, *Hospital Universitario Cardiocentro Ernesto Guevara*. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

² Department of Cardiology, *Hospital Universitario Cardiocentro Ernesto Guevara*. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

³ Department of Physiology, *Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara*. Santa Clara, Villa Clara, Cuba

⁴ *Institut de Salut Cardiovascular i Rehabilitació Cardíaca (INSCOR)*. Barcelona, Spain.

Este artículo también está disponible en español

ARTICLE INFORMATION

Received: March 16, 2020

Accepted: April 23, 2020

Competing interests

The authors declare no competing interests.

Abbreviations

APs: Accessory pathways

AVNRT: Atrioventricular nodal reentry tachycardia

ICT: Interatrial conduction time

P_{dur}: P wave duration

ABSTRACT

Introduction: Although some studies relate P wave parameters to different atrial conduction times, they do not consider each electrocardiogram lead separately.

Objectives: To determine the duration of P wave (P_{dur}) in the 12 leads of the electrocardiogram and relate it to the interatrial conduction time.

Methods: We conducted a cross-sectional study in 153 adult patients with confirmed diagnosis of atrioventricular nodal reentry tachycardia (AVNRT) or accessory pathways by invasive electrophysiological study.

Results: When comparing the P_{dur} between arrhythmic substrates by each lead, no significant differences were found, except for V₆. In leads II, III, aVR, aVF, V₁ and V₃-V₆, P_{dur} was correlated with the interatrial conduction time in both arrhythmic substrates. In our multivariate analysis, the P_{dur} was an independent predictor of interatrial conduction times \geq 95 percentile in inferior wall leads and in V₃, V₅ and V₆. High values of the area under the receiver operating characteristic curve were observed in II (0.950; $p < 0.001$), III (0.850; $p < 0.001$) and V₅ (0.891; $p < 0.001$) leads.

Conclusions: The P_{dur} showed no difference by leads when comparing cases with AVNRT and accessory pathways, except for V₆. Most of the leads were correlated with the interatrial conduction time; P_{dur} was an independent predictor of interatrial conduction times \geq 95 percentile. Lead II has the greatest discriminatory ability to find prolonged values of interatrial conduction time.

Keywords: P wave duration, Electrocardiogram, Interatrial conduction time, Electrophysiological study, Atrioventricular nodal reentry tachycardia, Accessory pathways

✉ Raimundo Carmona Puerta
Calle B #15 e/ Maceo y M. Ruiz
Rpto. Villa Josefa. Santa Clara 50200
Villa Clara, Cuba.
E-mail address:
raimundocp@infomed.sld.cu

Duración de la onda P en las 12 derivaciones del electrocardiograma y su relación con el tiempo de conducción interauricular en pacientes con taquicardias paroxísticas supraventriculares

Authors' contribution

RCP: Research conception and design; data collection, analysis, interpretation and writing of the manuscript

ECG, MARLC, ELM, GPP, JMCE, FRG:

Data analysis, interpretation and writing of the manuscript.

YBM and OCH: References review and help in writing of the manuscript.

All authors critically reviewed the manuscript and approved the final report.

RESUMEN

Introducción: Existen algunos estudios que relacionan parámetros de la onda P con diferentes tiempos de conducción auricular, pero no se han realizado teniendo en cuenta a cada derivación del electrocardiograma.

Objetivo: Determinar la duración de la onda P (P_{dur}) en las 12 derivaciones y relacionarlas con el tiempo de conducción interauricular.

Método: Estudio de corte transversal en 153 pacientes adultos con diagnóstico confirmado de taquicardia por reentrada intranodal (TRIN) o vías accesorias mediante estudio electrofisiológico invasivo.

Resultados: Al comparar la P_{dur} entre sustratos arrítmicos por cada derivación, no existieron diferencias significativas, excepto en V_6 . En las derivaciones D_{II} , D_{III} , aVR , aVF , V_1 y de V_3-V_6 la P_{dur} se correlacionó con el tiempo de conducción interauricular en ambos sustratos arrítmicos. En el análisis multivariado, la P_{dur} constituyó un predictor independiente de tiempos de conducción interauricular ≥ 95 percentil, en las derivaciones de cara inferior y en V_3 , V_5 y V_6 . Se observaron altos valores del área bajo la curva de la Característica Operativa del Receptor en las derivaciones D_{II} (0,950; $p < 0,001$), D_{III} (0,850; $p < 0,001$) y V_5 (0,891; $p < 0,001$).

Conclusiones: No existen diferencias por derivación en la P_{dur} al comparar casos con TRIN y vías accesorias, excepto en V_6 . La mayoría de las derivaciones se correlacionaron con el tiempo de conducción interauricular. La P_{dur} fue un predictor independiente de tiempos de conducción interauricular ≥ 95 percentil. La derivación D_{II} presenta la mayor capacidad discriminativa para encontrar valores prolongados del tiempo de conducción interauricular.

Palabras clave: Duración de la onda P, Electrocardiograma, Tiempo de conducción interauricular, Estudio electrofisiológico, Taquicardia por reentrada intranodal, Vías accesorias

INTRODUCTION

Several studies have analyzed the relationship between different P wave indices and atrial conduction times¹⁻⁵; Most of them have done so by means of indirect measurements through echocardiographic modalities coupled with the electrocardiogram. However, the relationship of such times with the P wave duration (P_{dur}) for each of the 12 leads of the electrocardiogram has not been researched, much less using invasive electrophysiological studies that are the gold standard for measuring electrical conduction in the heart. The following research therefore aims to determine the P wave duration in the 12 leads of the electrocardiogram and relate it to the interatrial conduction time (ICT).

METHOD

We conducted a cross-sectional study in 153 patients aged 18-70. Consenting participants were randomly selected from a study population including 286 patients with a clinical history of palpitations and con-

firmed diagnosis of atrioventricular nodal reentry tachycardia or accessory pathway-mediated tachycardia; who underwent electrophysiological studies and endocavitary ablation at the Department of Clinical Cardiac Electrophysiology and Arrhythmology of the *Hospital Universitario Cardiocentro Ernesto Guevara*, in Santa Clara, Cuba, over the period June 2017 to February 2020.

The electrophysiological study participants were fasted for 8 hours and were off anti-arrhythmic medication for at least 5 or more drug half-lives. All cases were diagnosed with a structurally and functionally normal heart by transthoracic echocardiography.

Exclusion criteria

Patients with the following characteristics were excluded:

- Having more than two electrocardiographic leads that would not allow for P wave measurement or any channel of the atrial intracavitary recordings with poor signal quality.
- Having permanent ventricular pre-excitation, as it makes it difficult for the P wave end to be measured.

Study variables

P_{dur} : Refers to P wave duration. It was measured, in milliseconds (ms), in each of the 12 leads of the electrocardiogram.

ICT: Refers to interatrial conduction time. It was obtained by determining the P-A interval in the distal coronary sinus, which is the time elapsed between the beginning of the P wave and the beginning of the local bipolar electrogram recording obtained from the distal (1-2 pair) of a BIOTRONIK decapolar catheter; which was introduced from the coronary sinus to the left lateral mitral annulus (with a 5 mm spacing between electrodes of the same pair, and a 10 mm spacing between pairs)^{6,7}. This 1-2 pair recorded the local activation of the lateral left atrium.

Technique and procedure

All measurements were performed by an experienced electrophysiologist to avoid interobserver error and blinding of data in each case. The patients were awake and without any anesthetic or iso-

prenaline effect before the application of radiofrequency in a multichannel EP TRACER polygraph from BIOTRONIK, using a manual electronic caliper.

Three complexes were always recorded in a row in each electrocardiographic and electrophysiological measurement and then averaged. Electrocardiographic recordings were obtained with a scanning speed of 50 mm/s and amplification of 20 mm/mV. The beginning and end of the P wave were defined as the points where the initial and final deflection of the P wave intersected the isoelectric line. If the beginning or end of the P wave was not clearly visualized, the lead was excluded. A scanning speed of 300 mm/s was used in the electrophysiological measurements.

The diagnosis of AVNRT was confirmed by induced tachycardia in all cases. The presence of APs was demonstrated by revealing abnormal retrograde conduction through the pathway by means of stimulation from the right ventricular apex; furthermore, orthodromic tachycardia could be induced in most

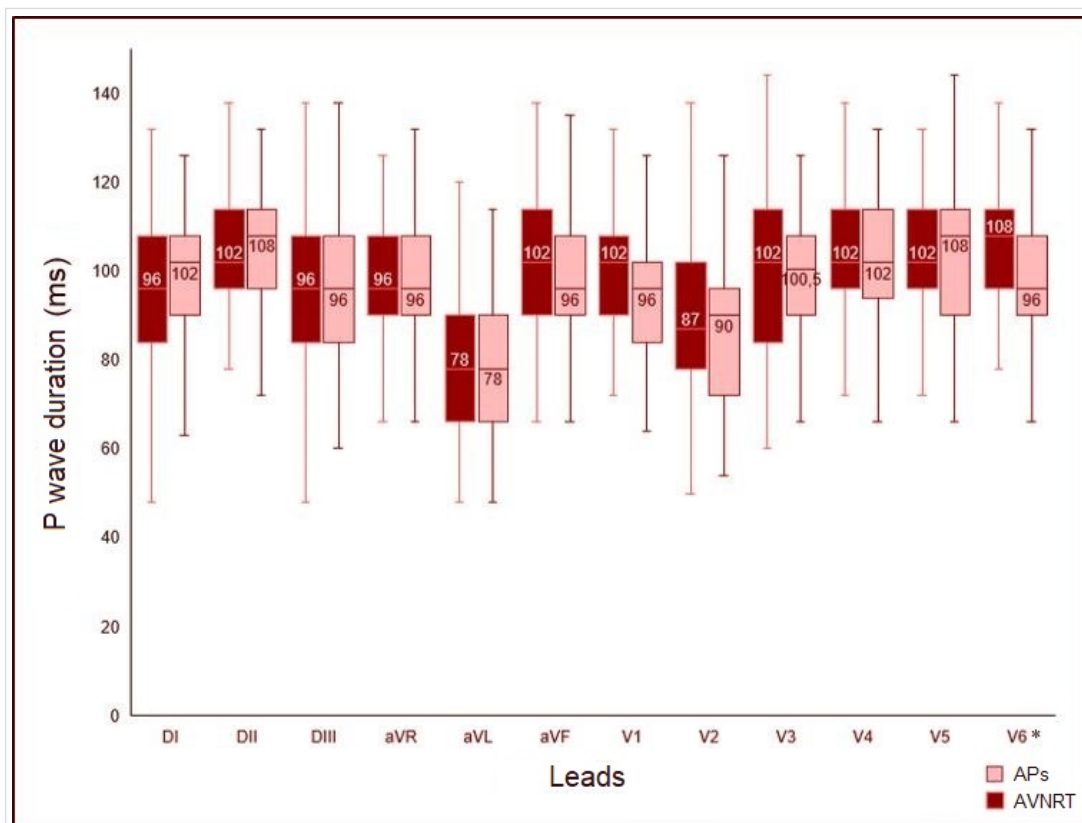


Figure 1. Box plot showing P wave duration in the 12 leads of the electrocardiogram and by arrhythmic substrates.

* Only significant comparison between arrhythmic substrates ($p=0.006$).

The median, the 25th and 75th percentiles, as well as the minimum and maximum values are displayed. AVNRT, atrioventricular nodal reentry tachycardia; APs: accessory pathways.

cases.

Statistical analysis and processing

Statistical analysis was performed using the SPSS software, version 21.0. The Kuskal Wallis test was used to compare continuous variables from 3 or more independent samples, after verifying the lack of normality in the data using the Kolmogorov Smirnov test. Subsequent analyzes, if H_0 was rejected, were carried out using the Dunn Bonferroni test.

These data were presented as median, first and third quartiles. To determine the degree of association between the variables, the Pearson correlation coefficient was used. Multivariate analysis was performed through binomial logistic regression. The P_{dur} discriminant ability to find cases with ICT values ≥ 95 percentile was determined by means of the Receiver Operating Characteristic curves. A level of $p < 0.05$ was considered significant.

RESULTS

Figure 1 presents the median P_{dur} in the 12 leads of the electrocardiogram, as well as the interquartile interval and the maximum and minimum values in patients with APs and AVNRT. The aVL lead had the lowest median P_{dur} ($p < 0.001$) among all leads, in both types of arrhythmic substrates. In the AVNRT group, lead V_6 had the highest median (108 ms), which did not show significant differences when compared with leads II, aVF, V_1 , V_3 , V_4 and V_5 , which showed a median of 102 ms. In the APs group, leads II and V_5 had the highest median P_{dur} with a value of 108 ms, which was not statistically significant ($p < 0.05$) when compared with that observed in leads I and V_4 (102 ms). No significant differences were found when P_{dur} was compared between arrhythmic substrates for each lead, except in V_6 , where it was higher in the cases with AVNRT (AVNRT 108 ms vs. APs 96 ms; $p = 0.006$).

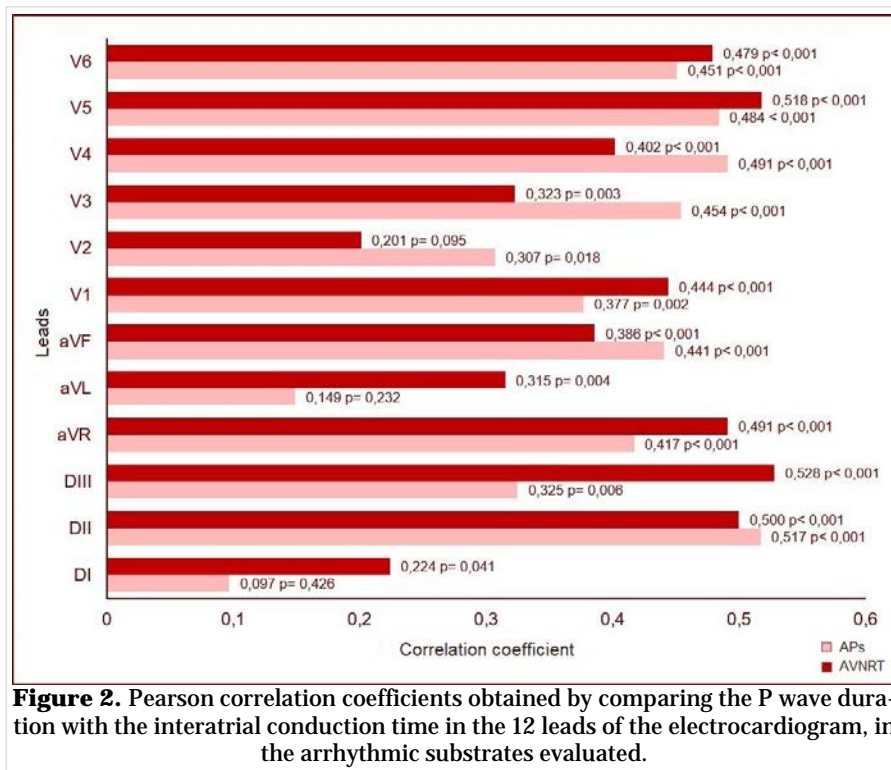


Figure 2. Pearson correlation coefficients obtained by comparing the P wave duration with the interatrial conduction time in the 12 leads of the electrocardiogram, in the arrhythmic substrates evaluated.

In leads II, III, aVR, aVF, V_1 and V_3 - V_6 , P_{dur} correlated with ICT in both groups (**Figure 2**). The strength of the correlations ranged from weak to moderate. In patients with APs, the lead II showed the highest correlation coefficients ($r = 0.517$; $p < 0.001$) and V_5 ($r = 0.484$; $p < 0.001$), a finding very similar to that found in patients with AVNRT in leads II ($r = 0.500$; $p < 0.001$), D_{III} ($r = 0.528$; $p < 0.001$) and V_5 ($r = 0.518$; $p < 0.001$). In leads I and aVL, P_{dur} and ICT only correlated in cases with AVNRT, while in V_2 they only correlated in patients with APs.

The multivariate analysis of binomial logistic regression applied for each lead and controlled for potential confounders, such as age, types of arrhythmic substrates, and high blood pressure, showed that P_{dur} was an independent predictor of ICT values ≥ 95 percentile in the inferior wall leads. (II, III, and aVF) and in V_3 , V_5 and V_6 (**Table**).

Regardless of the types of arrhythmic substrates, P_{dur} has a high discrimination ability to find cases with ICT ≥ 95 percentile in the analysis of the receiver operating characteristic curve. Leads II, III and V_5 presented the largest areas under the curve (0.950, 0.850 and 0.891; respectively), especially lead II, which reached a value almost equal to 1 (**Figure 3**).

By using a cut-off value ≥ 112.5 ms, a sensitivity of 100% and specificity of 69.4% were achieved in lead

Table. Results of the multivariate logistic regression analysis for P wave duration as a predictor variable and interatrial conduction time ≥ 95 percentile as dependent, adjusted for age, high blood pressure and types of arrhythmic substrates.

| P wave duration | OR | CI 95% | P value |
|------------------------------------|-------|-------------|---------|
| P _{dur} in lead I | 1.021 | 0.965-1.081 | 0.465 |
| P _{dur} in lead II | 1.168 | 1.061-1.286 | 0.002 |
| P _{dur} in lead III | 1.105 | 1.034-1.181 | 0.003 |
| P _{dur} in aVR | 1.066 | 0.999-1.137 | 0.055 |
| P _{dur} in aVL | 1.024 | 0.956-1.097 | 0.500 |
| P _{dur} in aVF | 1.078 | 1.010-1.150 | 0.024 |
| P _{dur} in V ₁ | 1.005 | 0.936-1.080 | 0.883 |
| P _{dur} in V ₂ | 1.005 | 0.916-1.104 | 0.910 |
| P _{dur} in V ₃ | 1.078 | 1.022-1.136 | 0.005 |
| P _{dur} in V ₄ | 1.053 | 0.998-1.112 | 0.061 |
| P _{dur} in V ₅ | 1.106 | 1.034-1.184 | 0.004 |
| P _{dur} in V ₆ | 1.085 | 1.018-1.157 | 0.012 |

CI, confidence interval; OR, odds ratio; P_{dur}, P wave duration.

II, and by taking a value ≥ 127 ms, specificity is improved (sensitivity 83.3%; specificity 99.9%). The best cut-off value in leads III (sensitivity 100%, specificity 87.7%) and V₅ (sensitivity 100%, specificity 73.1%) was ≥ 111 ms (data not presented in tables or graphs).

DISCUSSION

P wave duration expresses the time required for depolarization of the right and left atria⁸. Lead aVL belongs to the frontal plane. Its position in the hexaxial system could explain why it was the shortest lead in our study. If we take into account that the electrical axis of the P wave is approximately $+60^\circ$ in the frontal plane^{9,10} and that it would keep a 90° separation with respect to aVL, a lack of inscription of at least some portions of the P wave would necessarily occur.

It is well known in electrocardiography that when a vector perpendicularly transits to a given lead, such a vector is not recorded. Carmona *et al*¹¹ found that aVL was the lead with the shortest P wave duration in a series of high-performance soccer players, which reached an average value of 69.64 ± 22.63 ms. However, Gialafos *et al*¹², when studying 1.353 young men belonging to the Greek air force, found that lead V₁ was the one that most frequently presented the shortest P wave duration, followed by V₂ and aVL, with respective prevalences of 25.3%, 18.2% and 15.7%. In the same study, the P wave of longest duration was found in leads II, V₆, V₃ and V₄ with prevalences of 16.3%, 12.5%, 11.5% and 11.5%, respectively.

The P wave is the most recognized non-invasive marker for atrial conduction¹³. Increases in P_{dur} have been shown to reflect increases in the duration of intraatrial and interatrial conduction times¹⁴. Josephson⁷ considers that the right intraatrial conduction

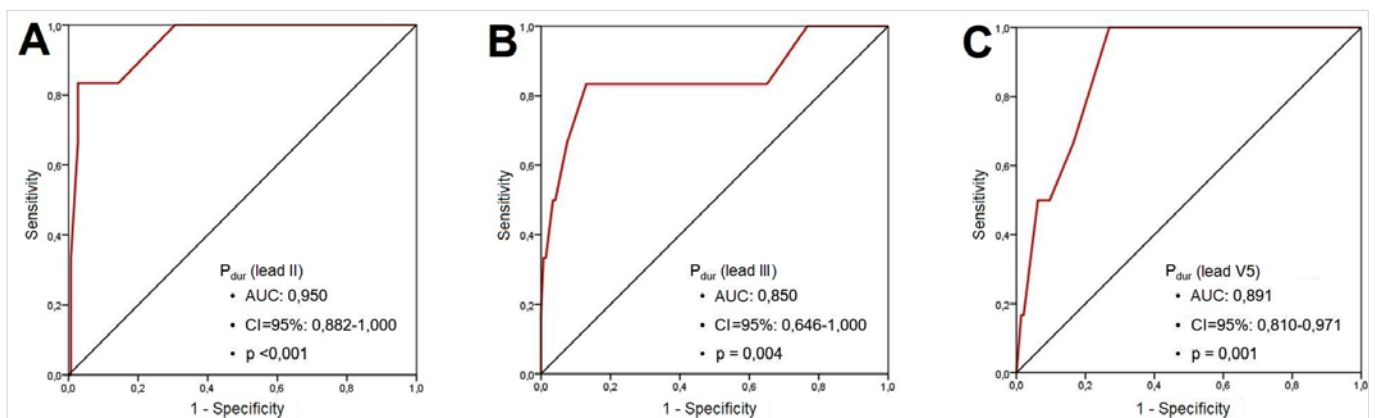


Figure 3. Best Receiver Operative Characteristic curves showing the relationship in all patients between sensitivity and specificity through all possible values of P wave duration, defining patients with interatrial conduction times ≥ 95 percentile. Leads II (A), III (B) and V₅ (C) of the electrocardiogram.

time does not correlate with P_{dur} , unlike what may occur with ICT. To our knowledge, there are no studies that relate the P wave to the ICT in each of the twelve leads of the electrocardiogram. Previous publications have been based on indices derived from the P wave, mainly its dispersion^{5,15 17}.

The results presented corroborate the previous findings obtained by Josephson⁷, and add that this is true in both patients with AVNRT and APs. Furthermore, they reveal weak to moderate correlation forces in these patients with normal atria.

CONCLUSIONS

There are no differences by lead in the P wave duration when comparing cases with intranodal reentry tachycardia and accessory pathways, except in V_6 . In leads II, III, aVR, aVF, V_1 and $V_3 V_6$, the P wave duration was correlated with the interatrial conduction time in both arrhythmic substrates. The P wave duration was an independent predictor of values of interatrial conduction time ≥ 95 percentile, in the inferior wall leads and in V_3 , V_5 and V_6 . Lead II shows the greatest discriminatory ability to find prolonged values of interatrial conduction time.

REFERENCES

1. Akturk E, Yagmur J, Acikgoz N, Ermis N, Cansel M, Karakus Y, *et al.* Assessment of atrial conduction time by tissue Doppler echocardiography and P-wave dispersion in smokers. *J Interv Card Electrophysiol.* 2012;34(3):247-53.
2. Badran HM, Faheem N, Wassely KW, Yacoub M. Relationship of left atrial mechanics to electrical activity on surface electrocardiography in idiopathic dilated cardiomyopathy. *Glob Cardiol Sci Pract* [Internet]. 2019 [cited 14 Mar 2020];2019(1): 7. Available at: <http://doi.org/10.21542/gcsp.2019.7>
3. Cagirci G, Cay S, Gulsoy KG, Bayindir C, Vural MG, Firat H, *et al.* Tissue Doppler atrial conduction times and electrocardiogram interlead P-wave durations with varying severity of obstructive sleep apnea. *J Electrocardiol.* 2011;44(4):478-82.
4. Çanga Y, Emre A, Yüksel GA, Karataş MB, Yelgeç NS, Gürkan U, Çalık AN, Tireli H, Terzi S. Assessment of atrial conduction times in patients with newly diagnosed Parkinson's disease. *Parkinsons Dis* [Internet]. 2018 [cited 14 Mar 2020];2018: 2916905. Available at: <http://doi.org/10.1155/2018/2916905>
5. Demir K, Avci A, Kaya Z, Marakoglu K, Ceylan E, Yilmaz A, *et al.* Assessment of atrial electromechanical delay and P-wave dispersion in patients with type 2 diabetes mellitus. *J Cardiol.* 2016; 67(4):378-83.
6. Daubert JC, Pavin D, Jauvert G, Mabo P. Intra- and interatrial conduction delay: implications for cardiac pacing. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2004; 27(4):507-25.
7. Josephson ME. *Clinical cardiac electrophysiology: Techniques and interpretations.* 4^a ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
8. Chen LY, Soliman EZ. P Wave Indices-Advancing Our Understanding of Atrial Fibrillation-Related Cardiovascular Outcomes. *Front Cardiovasc Med* [Internet]. 2019 [cited 15 Mar 2020];6:53. Available at: <https://doi.org/10.3389/fcvm.2019.00053>
9. Bayés de Luna A. *Clinical electrocardiography: A textbook.* 4^a ed. Oxford: Wiley-Blackwell; 2012.
10. Goldberger AL, Goldberger ZD, Shvilkin A. *Goldberger's Clinical Electrocardiography: A simplified approach.* 9^a ed. Philadelphia: Elsevier; 2018.
11. Carmona Puerta R, Ramos Martín R, Rabassa López-Calleja MA, Monzón León J, Pérez González L, Castro Torres Y, *et al.* Dispersión de la onda P incrementada en futbolistas de alto rendimiento y su relación con el tiempo de práctica deportiva. *CorSalud* [Internet]. 2013 [cited 16 Mar 2020]; 5(2):155-60. Available at: <http://www.revcorsalud.sld.cu/index.php/cors/article/view/510/959>
12. Gialafos EJ, Dilaveris PE, Synetos AG, Tsolakidis GF, Papaioannou TG, Andrikopoulos GK, *et al.* P wave analysis indices in young healthy men: data from the digital electrocardiographic study in Hellenic Air Force Servicemen (DEHAS). *Pacing Clin Electrophysiol.* 2003;26(1P2):367-72.
13. Platonov PG. Atrial conduction and atrial fibrillation: what can we learn from surface ECG? *Cardiol J.* 2008;15(5):402-7.
14. Centurion OA, Aquino N, Torales J, Scavenius K, Miño L, Sequeira O. P wave duration and dispersion as a useful conventional electrocardiographic marker for atrial fibrillation prediction. *J Cardiol Curr Res* [Internet]. 2017 [cited 16 Mar 2020]; 8(3):00285. Available at: <http://doi.org/10.15406/jccr.2017.08.00285>

15. Djikic D, Mujovic N, Dejanovic B, Kocijancic A, Jankovic N, Marinkovic M, et al. Evaluation of atrial conduction time in relation to p wave dispersion in patients with different degree of hypertension arterialis with no history of paroxysmal atrial fibrillation. EP Europace [Internet]. 2017 [cited 17 Mar 2020];19(Supl 3):iii224 [Abstract]. Available at: <http://doi.org/10.1093/ehjci/eux151.218>
16. Ermiş N, Açıkgöz N, Yaşar E, Taşolar H, Yağmur J, Cansel M, et al. Evaluation of atrial conduction time by P wave dispersion and tissue Doppler echocardiography in prehypertensive patients. Turk Kardiyol Dern Ars. 2010;38(8):525-30.
17. Emiroglu MY, Bulut M, Sahin M, Acar G, Akcakoyun M, Kargin R, et al. Assessment of atrial conduction time in patients with essential hypertension. J Electrocardiol. 2011;44(2):251-6.