Documento descargado de http://www.revespcardiol.org el 22/05/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Rev Esp Cardiol. 2012;65(1):38–46

Artículo original

Precisión diagnóstica del electrocardiograma asistido por ordenador al diagnosticar hipertrofia ventricular izquierda en el bloqueo de rama izquierda

Luis Rodríguez-Padial[a,*], Blanca Rodríguez-Picón[a], Miguel Jerez-Valero[a], Julio Casares-Medrano[a], Finn O. Akerström[a], Alberto Calderon[b], Vivencio Barrios[c], Antonio Sarría-Santamera[d], José R. González-Juanatey[e], Antonio Coca[f], Josep Andrés[g] y Jessica Ruiz-Baena[g]

[a] *Servicio de Cardiología, Hospital Virgen de la Salud, Toledo, España*
[b] *CS Rosa Luxemburgo, Madrid, España*
[c] *Servicio de Cardiología, Hospital Ramón y Cajal, Madrid, España*
[d] *Agencia de Evaluación Sanitaria, Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España*
[e] *Servicio de Cardiología, Hospital Clínico Universitario de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, A Coruña, España*
[f] *Unidad de Hipertensión, Servicio de Medicina Interna, Instituto de Medicina y Dermatología, Hospital Clínico (IDIBAPS), Universidad de Barcelona, Barcelona, España*
[g] *Área de investigación aplicada, GOC, Barcelona, España*

Historia del artículo:
Recibido el 22 de marzo de 2011
Aceptado el 16 de julio de 2011
On-line el 17 de noviembre de 2011

Palabras clave:
Electrocardiografía
Hipertrofia
Bloqueo de rama izquierda
Interpretación asistida por ordenador

RESUMEN

Introducción y objetivos: La hipertrofia ventricular izquierda tiene implicaciones pronósticas. El electrocardiograma, la técnica recomendada con mayor frecuencia para su diagnóstico, está limitado en presencia de bloqueo de rama izquierda.
Métodos: Se ha realizado un electrocardiograma y un ecocardiograma a 1.875 pacientes consecutivos (media de edad, 56 ± 16 años) estudiados para descartar cardiopatía y/o hipertensión arterial, definiendo la hipertrofia ventricular izquierda mediante ecocardiografía. Los electrocardiogramas fueron interpretados por la plataforma digital asistida por ordenador ELECTROPRES. Se determinaron sensibilidad, especificidad, valores predictivos y razones de verosimilitud de los criterios electrocardiográficos clásicos y de algunos algoritmos diagnósticos de hipertrofia en los pacientes con bloqueo de rama izquierda, y se comparó esos valores con los obtenidos en los sujetos sin él.
Resultados: Se observó bloqueo de rama izquierda en 233 (12%) pacientes. La hipertrofia ventricular izquierda fue más frecuente en pacientes con bloqueo de rama izquierda (el 60 frente al 31%). En estos, las sensibilidades fueron bajas pero similares a las halladas en pacientes sin bloqueo (del 6,4 al 70,9%), mientras que las especificidades fueron altas (del 57,6 al 100%). Las razones de verosimilitud fueron: positivas (1,33-4,94) y negativas (0,50-0,98). Los algoritmos diagnósticos, los productos duración-voltaje y algunos criterios compuestos tuvieron las mejores sensibilidades.
Conclusiones: Se puede diagnosticar hipertrofia del ventrículo izquierdo en presencia de bloqueo de rama izquierda con una precisión diagnóstica al menos similar a la obtenida en los pacientes sin este trastorno de conducción. La interpretación del electrocardiograma asistida por ordenador puede ser útil al facilitar el uso de algoritmos diagnósticos más precisos.
© 2011 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Diagnostic Accuracy of Computer-Assisted Electrocardiography in the Diagnosis of Left Ventricular Hypertrophy in Left Bundle Branch Block

Keywords:
Electrocardiography
Hypertrophy
Left bundle branch block
Computer-assisted interpretation

ABSTRACT

Introduction and objectives: Left ventricular hypertrophy has important prognostic implications. Although electrocardiography is the technique most often recommended in the diagnosis of hypertrophy, its diagnostic accuracy is hampered in the presence of a left bundle branch block.
Methods: In 1875 consecutive patients (56±16 years) undergoing studies to rule out heart disease and/or hypertension, 2-dimensional echocardiography and electrocardiography were performed simultaneously in an outpatient clinic. Digitized electrocardiograms were interpreted using an online computer-assisted platform (ELECTROPRES). Sensitivity, specificity, likelihood ratios, and predictive values of standard electrocardiographic criteria and of some diagnostic algorithms for left ventricular hypertrophy were determined and compared with the findings in patients with neither left bundle branch block nor myocardial infarction.
Results: Left bundle branch block was present in 233 (12%) patients. Left ventricular hypertrophy was detected more frequently in patients with left bundle branch block (60% vs 31%). In patients with left bundle branch block, sensitivities were low but similar to those observed in patients without it, and ranged from 6.4% to 70.9%, whereas specificities were high, ranging from 57.6% to 100%. Positive

* Autor para correspondencia: Servicio de Cardiología, Hospital Virgen de la Salud, Avda. Barber 30, 45005 Toledo, España.
Correo electrónico: lrodriguez@sescam.org (L. Rodríguez-Padial).

0300-8932/$ – see front matter © 2011 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.
doi:10.1016/j.recesp.2011.07.018

Documento descargado de http://www.revespcardiol.org el 22/05/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

likelihood ratios ranged from 1.33 to 4.94, and negative likelihood ratios from 0.50 to 0.98. Diagnostic algorithms, voltage-duration products, and certain compound criteria had the best sensitivities.
Conclusions: Left ventricular hypertrophy can be diagnosed in the presence of left bundle branch block with an accuracy at least similar to that observed in patients without this conduction defect. Computer-assisted interpretation of the electrocardiogram may be useful in the diagnosis of left ventricular hypertrophy as it enables the implementation of more accurate algorithms.

Full English text available from: www.revespcardiol.org
© 2011 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Abreviaturas

BRI: bloqueo de rama izquierda
ECG: electrocardiograma
HES®: Hannover ECG System®
HVI: hipertrofia ventricular izquierda
PDV: producto duración-voltaje
VI: ventrículo izquierdo

INTRODUCCIÓN

La hipertrofia ventricular izquierda (HVI) aumenta la morbilidad y la mortalidad de los pacientes con hipertensión arterial[1–3], por lo que su detección es importante para estratificar el riesgo. El electrocardiograma (ECG) es la técnica de mayor disponibilidad para el diagnóstico de HVI y, por lo tanto, las guías de práctica clínica recomiendan su uso sistemático en la hipertensión arterial[4–7]. Sin embargo, el bloqueo de rama izquierda (BRI) dificulta el diagnóstico de HVI mediante ECG, aunque la información disponible sobre el efecto de este trastorno de conducción es contradictoria y basada en pocos pacientes[8–10].

Mientras algunos autores han demostrado que no pueden utilizarse los criterios de voltaje para diagnosticar HVI en el BRI[11] y recomiendan el uso de datos complementarios[12], otros no han hallado limitaciones significativas[13–16]. La sensibilidad y la especificidad del ECG en pacientes con BRI pueden variar dependiendo de las derivaciones consideradas, y las precordiales son las que tienen una sensibilidad reducida[17]. Por ello se ha propuesto que un criterio que combine derivaciones precordiales y de los miembros puede ser más preciso en el BRI, al igual que la combinación del voltaje y la duración del QRS con el crecimiento de la aurícula izquierda[14,18].

El uso del ECG está también limitado por dificultades al medir manualmente el complejo QRS, especialmente en el BRI, por lo que la interpretación del ECG asistida por ordenador puede ser útil, pues reduce los errores en la medición[19]. Además, el ordenador facilita la utilización de algoritmos diagnósticos. ELECTROPRES es una plataforma de internet desarrollada en España para proporcionar *online* ayuda asistida por ordenador para la detección de HVI en el ECG, utilizando el *software* Hannover ECG System® (HES®)[20,21].

Nuestro objetivo es investigar la precisión diagnóstica de los criterios ECG estándar de HVI y de varios algoritmos diagnósticos, aplicados mediante la plataforma ELECTROPRES, en pacientes con o sin BRI.

MÉTODOS

Población de estudio

Desde enero de 2003 a agosto de 2009, se estudió a un grupo de 2.090 pacientes (el 60,7% de un total de 3.441 pacientes consecutivos con ecocardiograma) a los que se había realizado simultáneamente un ECG y un ecocardiograma bidimensional (2D) en una consulta externa de cardiología de un centro hospitalario. En el análisis retrospectivo se excluyó a los menores de 18 años y los que tenían un ecocardiograma de calidad insuficiente (215 pacientes; 10,3%), lo que dejó una muestra final de 1.875 pacientes. Se detectó BRI en 233 (12%) de ellos; el diagnóstico de BRI se obtuvo siguiendo los criterios ECG clásicos (anchura del QRS > 120 ms con morfología predominantemente negativa en V1 y predominantemente positiva en V6) sin distinciones por la anchura del QRS o el eje de este. Se comparó a estos pacientes con los que no tenían BRI ni infarto de miocardio en el ECG (n = 1.561). La figura 1 muestra la inclusión de pacientes en el estudio[22].

El protocolo de estudio fue aprobado por el Comité de Ética Clínica del Hospital Virgen de la Salud de Toledo en 2009.

Electrocardiograma

Se realizó a todos los pacientes un ECG de 12 derivaciones con técnica estándar mediante un electrocardiógrafo MAC 1200 ST (GE Medical Systems). Los registros se almacenaron digitalmente en una base de datos GE Cardiosoft database v. 6.5 (GE Healthcare) y se exportaron en formato XML a ELECTROPRES.

ELECTROPRES es un sistema *online* desarrollado para la detección de HVI en el ECG que usa el programa HES®, aprobado por la *Food and Drug Administration*, y ha mostrado una elevada precisión[20,21,23]. Además de los criterios de ECG estándar de HVI, utiliza tres algoritmos diagnósticos formados por la combinación de diversos criterios estándar, de forma que se consideraron diagnósticos si se cumplía alguno de los criterios incluidos en ellos; estos algoritmos son: el algoritmo A, formado por los criterios recomendados por las guías de hipertensión arterial de la Sociedad

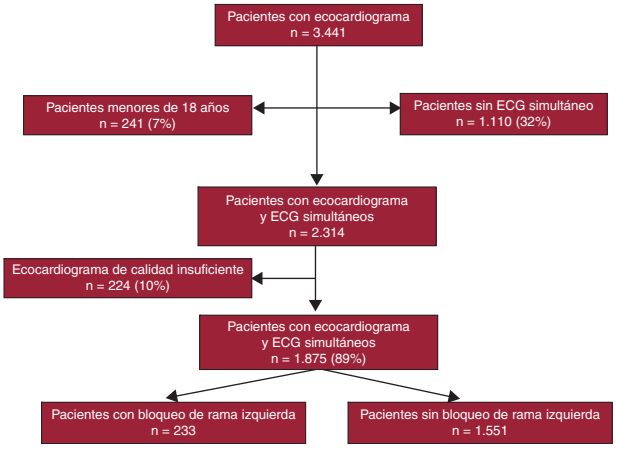

Figura 1. Gráfico de flujo de inclusión de pacientes en el estudio. ECG: electrocardiograma.

Documento descargado de http://www.revespcardiol.org el 22/05/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Tabla 1
Criterios electrocardiográficos de hipertrofia ventricular izquierda

Criterios	Fórmula	Criterios de HVI
Sokolow-Lyon voltage (mV)	S (V1) + máx (R_{V5} o R_{V6})	$\geq$ 3,5 mV
Cornell voltage (mV)	R_{aVL} + S_{V3}	$\geq$ 2,8 mV (varones), $\geq$ 2 mV (mujeres)
R6:R5	R_{V6} / R_{V5}	> 1
R_{aVL} (mV)	R_{aVL}	> 1,1 mV
Gubner-Ungerleider (mV)	R_I + S_{III}	> 2,5 mV
Lewis (mV)	(R_I + S_{III}) – (R_{III} + S_I)	> 1,7 mV
QRS 12 (mV)	Onda R + onda S (u onda Q, la mayor) en las 12 derivaciones	> 19.530 mV (varones), > 18.499 mV (mujeres)
HES®	Ecuación regresión logística	
PDV Sokolow (ms × mV)	S_{V1} + máx (R_{V5} × R_{V6}) × duración QRS	> 367,4 mV ms (varones), > 322,4 mV ms (mujeres)
PDV Cornell	Varones: R_{aVL} + S_{V3} × duración QRS	> 244 mV ms
	Mujeres: (R-aVL + S-V3 + 0,6 mV) × duración QRS	
PDV Gubner	Gubner × duración QRS	> 207 mV ms
PDV R_{aVL}	R_{aVL} × duración QRS	> 103 mV ms
PDV QRS 12	Área QRS de las 12 derivaciones	> 2.348,8 mV ms (varones), > 1.960,7 mV ms (mujeres)
Dalfó	R_{aVL} + S_{V3}	> 1,6 mV (varones), > 1,4 mV (mujeres)
Perugia	*a)* SV3 + R_{aVL} > 2,4 mV (varones) o > 2 mV (mujeres), o	Cualquiera de ellos
	b) Patrón de sobrecarga del ventrículo izquierdo, o	
	c) Sistema de puntuación de Romhilt-Estes $\geq$ 5	
Romhilt-Estes (puntos)		> 4 o > 5 puntos

HES®: Hannover ECG system®; HVI: hipertrofia ventricular izquierda; PDV: producto duración-voltaje; R_{aVL}: onda R en aVL.

Europea de Cardiología (HVI por el criterio de Sokolow-Lyon voltaje o por el producto duración-voltaje [PDV] de Cornell), el algoritmo B (HVI por el criterio de Sokolow-Lyon voltaje, el criterio de voltaje de Cornell, el criterio de duración-voltaje de Sokolow o el criterio duración-voltaje de Cornell) y el algoritmo C (HVI por criterio de Sokolow-Lyon voltaje, el criterio de voltaje de Cornell, el criterio de Gubner-Ungerleider, el índice de Lewis, R-V6/R-V5, onda R en aVL [R_{aVL}], QRS 12 derivaciones, PDV de Sokolow, PDV de Cornell, PDV del QRS de 12 derivaciones, el PDV Gubner-Ungerleider o el PDV de la onda R_{aVL}) (tabla 1)[24,25]. Algunos criterios ECG como Sokolow, Cornell, Gubner-Ungerleider, onda R_{aVL} y la suma del QRS de 12 derivaciones se estudiaron no sólo en voltaje, sino también en PDV.

Ecocardiograma

Simultáneamente con el ECG, se realizó a los pacientes un ecocardiograma 2D-Doppler color en un ecocardiógrafo Vivid 4 de General Electric con un transductor de 2,5 MHz según técnica habitual. Todos los estudios fueron realizados por el mismo cardiólogo (LRP). Se seleccionaron para lectura las imágenes con visualización óptima. Las medidas se tomaron en el plano paraesternal de eje largo en la pantalla sobre la imagen 2D en telediástole, según técnica estándar, poniendo cuidado en tomar la distancia más perpendicular de las diferentes estructuras. Se calculó la masa del ventrículo izquierdo (VI)[26,27]:

$$\text{Masa VI(g)} = 0,8(1,04\,[\text{DdVI} + \text{GdPP} + \text{GdTIV}]^3 - [\text{DdVI}]^3) + 0,6$$

En la que DdVI es el diámetro telediastólico del VI; GdTIV, el grosor telediastólico del tabique interventricular, y GdPP, el grosor telediastólico de la pared posterior del VI. Se consideró que hay HVI cuando el índice de la masa del VI es > 134 g/m^2 (varones) o > 110 g/m^2 (mujeres)[28].

Análisis estadístico

Se construyó una tabla 2 × 2 con los puntos de corte de la HVI y el punto de corte de cada criterio de ECG, calculando sensibilidad, especificidad, valores predictivos, razones de verosimilitud, *odds ratio* pretest y probabilidad de un test positivo y negativo, así como las *odds ratio* postest y la probabilidad de una prueba positiva o negativa utilizando las definiciones estándar. Se utilizó una prueba de la χ^2 para analizar las diferencias entre los criterios de ECG y curvas ROC (característica operativa del receptor) para completar el análisis de la precisión diagnóstica de los distintos criterios ECG utilizando métodos estándar. Asimismo, se calcularon coeficientes de correlación de Pearson entre el índice de masa del VI y el voltaje de los distintos criterios ECG, salvo R_{aVL}, PDV R_{aVL}, Romhilt-Estes y Perugia, para los que se han calculado coeficientes de correlación de Spearman, al no presentar normalidad.

En las pruebas de dos colas se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$. Para los cálculos se utilizó el programa estadístico SPSS v.17.0.

Se realizó una estimación de la variabilidad intraobservador midiendo dos veces, de manera enmascarada, tres dimensiones en 15 ecocardiogramas de pacientes seleccionados aleatoriamente (total, 45 mediciones) por el mismo observador con un intervalo de 2 semanas. Se calculó la desviación estándar de las diferencias existentes entre las primeras y las segundas mediciones, y se expresó como porcentaje de la media.

RESULTADOS

Características basales

La tabla 2 muestra las características basales de los pacientes. El grupo de pacientes con BRI está constituido por 124 varones (53,2%) y 109 mujeres (46,8%), con una media de edad de 67,1 ± 12,6 años. Los diagnósticos más frecuentes fueron la sospecha o presencia de cardiopatía (160; 79,3%), hipertensión arterial

Documento descargado de http://www.revespcardiol.org el 22/05/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Tabla 2
Características basales (demográficas, ecocardiográficas y electrocardiográficas) de la población con bloqueo de rama izquierda y sin bloqueo de rama izquierda ni infarto de miocardio

Variable	BRI (n = 233)	Sin BRI ni IM (n = 1.561)	p
Edad (años)	67,1 ± 12,6	53,6 ± 15,5	< 0,0010
Varones (%)	53,2	55,2	0,8872
Hipertensión (%)	62,3	51,8	0,0030
Peso (kg)	86,7 ± 83,4	85,5 ± 67,8	0,8072
Estatura (cm)	165,7 ± 9,3	168,8 ± 9,2	0,0010
Índice de masa corporal	31,3 ± 27,6	30,3 ± 27,2	0,6014
Índice de masa del VI (g/m^2)	100,2 ± 31,7	82,7 ± 41,4	< 0,0010
Grosor telediastólico del TIV (mm)	11,9 ± 3,3	10,8 ± 2,7	< 0,0010
Diámetro telediastólico del VI (mm)	45,2 ± 7,1	43 ± 5,7	< 0,0010
Grosor telediastólico de la pared posterior (mm)	10,5 ± 1,9	9,9 ± 2,8	< 0,0010
Sokolow-Lyon voltaje (mV)	2,01 ± 0,88	1,99 ± 0,73	1
Cornell voltaje (mV)	1,48 ± 0,79	1,13 ± 0,59	< 0,0010
R6:R5	0,93 ± 0,48	0,85 ± 0,19	< 0,0010
R_{aVL} (mV)	0,56 ± 0,36	0,51 ± 0,34	0,0410
Gubner-Ungerleider (mV)	1,11 ± 0,65	1,10 ± 0,58	0,8092
Lewis (mV)	0,79 ± 0,84	0,71 ± 0,80	< 0,0010
QRS 12 derivaciones (mV)	13,4 ± 3,7	13,1 ± 3,3	0,2030
PDV Sokolow (ms·mV)	212,8 ± 116,1	193,3 ± 80,7	0,0140
PDV Cornell	194,3 ± 127,8	137,2 ± 70	< 0,0010
PDV Gubner	120,5 ± 86,2	107,3 ± 63,3	0,0049
PDV R_{aVL}	61,5 ± 47,5	50,1 ± 36,6	0,0030
PDV QRS 12	1.443,9 ± 584,1	1.293,9 ± 438,9	0,0020
Dalfó	1,48 ± 0,79	1,13 ± 0,59	< 0,0010
Perugia	0,30 ± 0,46	0,08 ± 0,28	< 0,0010
Romhilt-Estes (puntos)	2,03 ± 2,14	1,19 ± 1,32	< 0,0010

BRI: bloqueo de rama izquierda; IM: infarto de miocardio; PDV: producto duración-voltaje; R_{aVL}: onda R en aVL; TIV: tabique interventricular; VI: ventrículo izquierdo. Salvo otra indicación, los datos expresan media ± desviación estándar.

(145; 62,2%) y arritmias (extrasistolia supraventricular o ventricular y fibrilación auricular) (160; 68,7%). La mayoría de ellos (n = 201; 86,3%) tenían o habían tenido fibrilación auricular paroxística o permanente según la historia clínica o el ECG.

En el grupo de pacientes sin BRI ni infarto de miocardio, había 861 varones (55,2%) y 700 mujeres (44,8%), con una media de edad de 53,6 ± 15,5 años. Los diagnósticos más frecuentes fueron la sospecha o presencia de cardiopatía (41; 2,6%), hipertensión arterial (810; 51,9%) y arritmias (extrasistolia supraventricular o ventricular y fibrilación auricular) (138; 8,8%). Se observó fibrilación auricular paroxística o permanente en 138 (8,8%) de estos pacientes.

Los pacientes con BRI eran mayores, tenían un mayor índice de masa corporal y más frecuencia de hipertensión y de fibrilación auricular.

La variabilidad intraobservador en la medida del ecocardiograma fue del 3%.

Correlación entre los voltajes del electrocardiograma y la masa del ventrículo izquierdo

La figura 2 muestra los coeficientes de correlación entre el índice de la masa del VI y los criterios ECG. El PDV del QRS de las 12 derivaciones muestra la mayor correlación (r = 0,391) con el índice de la masa del VI, seguido del criterio de Cornell (r = 0,374) y el criterio de Dalfó (r = 0,374). En los pacientes que no tenían BRI ni infarto de miocardio, la correlación con el índice de la masa del VI fue mayor para el PDV de la R_{aVL} (r = 0,695) y la onda R_{aVL} (r = 0,664) y menor para la relación RV6:RV5 (r = 0,011). Las mayores diferencias en la correlación con la masa del VI entre los pacientes con y sin BRI se observaron en R_{aVL}, el PDV de R_{aVL} y el índice de Lewis.

Sensibilidad, especificidad y razones de verosimilitud

La frecuencia de HVI fue del 60,5%. La tabla 3 muestra la utilidad diagnóstica de todos los criterios ECG en los pacientes con BRI.

En general, en los pacientes con BRI las sensibilidades fueron bajas o intermedias y oscilaron del 6,4% para el criterio de voltaje de Gubner-Ungerleider al 70,9% para el algoritmo C. Las especificidades fueron altas y oscilaron del 57,6% para el algoritmo C al 100% para el criterio de voltaje de Gubner-Ungerleider. Las razones de verosimilitud positivas oscilan de 1,33 para el Romhilt-Estes > 4 a 4,89 para el criterio de voltaje de Sokolow-Lyon, y las razones de verosimilitud negativas van de 0,50 para el algoritmo C a 0,98 para el criterio de Romhilt-Estes > 4. En nuestra población, estas razones de verosimilitud producen una probabilidad postest negativa de HVI que va del 43,6% para el algoritmo C al 60,0% para el criterio de Romhilt-Estes > 4, y una probabilidad postest positiva de HVI que va del 71,9% para el algoritmo C al 88,3% para el algoritmo A.

La frecuencia de HVI en los pacientes que no tenían BRI ni infarto de miocardio fue del 37,8%. La tabla 4 muestra la utilidad diagnóstica de todos los criterios ECG analizados en los pacientes sin BRI. En general, las sensibilidades fueron bajas y oscilaron del 3,5% para el criterio de voltaje de Sokolow-Lyon al 53,1% para el algoritmo C. Las especificidades fueron altas, entre el 70,7% para el algoritmo C y el 99,3% para el voltaje de Cornell. Las razones de verosimilitud positivas van de 1,28 para el criterio de voltaje de Sokolov-Lyon a

Documento descargado de http://www.revespcardiol.org el 22/05/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

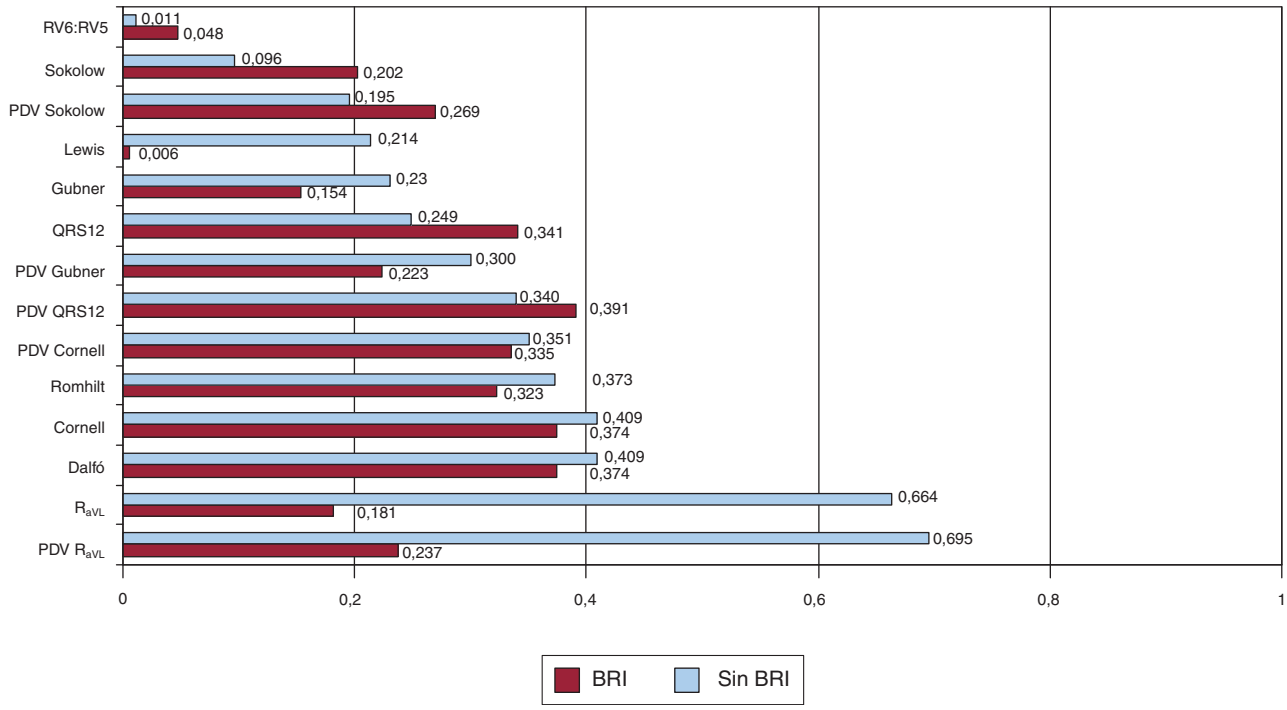

Figura 2. Coeficientes de correlación entre el índice de masa del ventrículo izquierdo en ecocardiografía y los criterios electrocardiográficos considerados en este estudio en pacientes con bloqueo de rama izquierda y en los que no tienen bloqueo de rama izquierda ni infarto de miocardio. Los coeficientes de correlación se muestran en cada columna. BRI: bloqueo de rama izquierda; PDV: producto duración-voltaje; R_{aVL}: onda R en aVL.

8,73 para el criterio de voltaje de Cornell, y las razones de verosimilitud negativas oscilaron entre 0,66 para el algoritmo C y 0,99 para el criterio de voltaje de Sokolow-Lyon. En nuestra población, estas razones de verosimilitud dan una probabilidad postest negativa que oscila entre el 22,8% para el algoritmo C al 30,6% para el criterio de voltaje de Sokolow-Lyon, y una probabilidad postest positiva de HVI que va del 36,2% para el criterio de voltaje de Sokolov-Lyon al 79,5% para el criterio de voltaje de Cornell.

Tabla 3
Sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo, valor predictivo negativo, razón de verosimilitud positiva, razón de verosimilitud negativa, frecuencia, probabilidad postest negativa y probabilidad postest positiva de todos los criterios electrocardiográficos considerados en pacientes con bloqueo de rama izquierda (n = 233)

Criterios	S (%) ± IC95%	E (%) ± IC95%	VPP (%) ± IC95%	VPN (%) ± IC95%	RV+	RV−	Frecuencia (%)	PPT−	PPT+
Algoritmo A	37,6 ± 8	92,4 ± 5,4	88,3 ± 8,1	49,1 ± 7,5	4,94	0,68	60,5	50,9	88,3
Algoritmo B	38,3 ± 8	90,2 ± 6,1	85,7 ± 8,6	48,2 ± 7,5	3,91	0,68		51,2	85,7
Algoritmo C	70,9 ± 7,5	57,6 ± 10,1	71,9 ± 7,5	56,4 ± 10	1,67	0,50		43,6	71,9
Sokolow-Lyon voltaje	10,6 ± 5,1	97,8 ± 3	88,2 ± 15,3	41,7 ± 6,6	4,89	0,91		58,3	88,2
Cornell voltaje	19,1 ± 6,5	95,7 ± 4,2	87,1 ± 11,8	43,6 ± 6,8	4,40	0,85		56,4	87,1
R6:R5	21,3 ± 6,8	87 ± 6,9	71,4 ± 13,7	41,9 ± 7	1,63	0,91		58,1	71,4
R_{aVL}	8,5 ± 4,6	97,8 ± 3	85,7 ± 18,3	41,1 ± 6,5	3,91	0,94		58,9	85,7
Gubner-Ungerleider	6,4 ± 4	100 ± 0	100 ± 0	41,1 ± 6,4	Infinito	0,94		58,9	Infinito
Lewis	15,6 ± 6	95,7 ± 4,2	84,6 ± 13,9	42,5 ± 6,7	3,59	0,88		57,5	84,6
QRS 12 derivaciones	10,6 ± 5,1	96,7 ± 3,6	83,3 ± 17,2	41,4 ± 6,6	3,26	0,92		58,6	83,3
HES®	25,5 ± 7,2	89,1 ± 6,4	78,3 ± 11,9	43,9 ± 7,1	2,35	0,84		56,2	78,3
PDV Sokolow	16,3 ± 6,1	93,5 ± 5,1	79,3 ± 14,7	42,2 ± 6,9	2,50	0,90		59,8	79,3
PDV Cornell	34 ± 7,8	92,4 ± 5,4	87,3 ± 8,8	47,8 ± 7,3	4,47	0,71		52,3	87,3
PDV Gubner	17,7 ± 6,3	94,6 ± 4,6	83,3 ± 13,3	42,9 ± 6,8	3,26	0,87		57,1	83,3
PDV R_{aVL}	24,1 ± 7,1	93,5 ± 5,1	85 ± 11,1	44,6 ± 7	3,70	0,81		55,4	85
PDV QRS 12 derivaciones	29,8 ± 7,6	91,3 ± 5,8	84 ± 10,2	45,9 ± 7,2	3,34	0,77		54,1	84
Dalfó	55,3 ± 8,2	79,4 ± 8,3	80,4 ± 7,9	53,7 ± 8,4	2,68	0,56		46,3	80,4
Perugia	39,7 ± 8,1	83,7 ± 7,6	78,9 ± 9,5	47,7 ± 7,7	2,44	0,72		52,5	78,9
Romhilt-Estes > 4	8,5 ± 4,6	93,5 ± 5,1	66,7 ± 21,8	40 ± 6,6	1,33	0,98		60	66,7
Romhilt-Estes > 5	17,7 ± 6,3	92,4 ± 5,4	78,1 ± 14,3	42,3 ± 6,8	2,33	0,89		57,7	78,1

E: especificidad; HES®: Hannover ECG System®; IC95%: intervalo de confianza del 95%; PDV: producto duración-voltaje; PPT−: probabilidad postest negativa; PPT+: probabilidad postest positiva; R_{aVL}: onda R en aVL; RV−: razón de verosimilitud negativa; RV+: razón de verosimilitud positiva; S: sensibilidad; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

Documento descargado de http://www.revespcardiol.org el 22/05/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Tabla 4
Sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo, valor predictivo negativo, razón de verosimilitud positiva, razón de verosimilitud negativa, frecuencia, probabilidad postest negativa y probabilidad postest positiva de todos los criterios electrocardiográficos considerados en pacientes sin bloqueo de rama izquierda ni infarto de miocardio (n = 1.561)

Criterios	S (%) ± IC95%	E (%) ± IC95%	VPP (%) ± IC95%	VPN (%) ± IC95%	RV+	RV−	Frecuencia (%)	PPT−	PPT+
Algoritmo A	13,9 ± 3,1	95,7 ± 1,2	59,3 ± 9,1	71,5 ± 2,3	3,28	0,90	30,7	59,3	28,5
Algoritmo B	14,8 ± 3,2	93,8 ± 1,4	51,5 ± 8,3	71,3 ± 2,4	2,39	0,91		51,5	28,7
Algoritmo C	53,1 ± 4,5	70,7 ± 2,7	44,6 ± 4,1	77,3 ± 2,6	1,81	0,66		44,6	22,8
Sokolow-Lyon voltaje	3,5 ± 1,6	96,2 ± 1	36,2 ± 13,7	69,4 ± 2,3	1,28	0,99		36,2	30,6
Cornell voltaje	6,5 ± 2,2	99,3 ± 0,5	79,5 ± 12,7	70,5 ± 2,3	8,73	0,94		79,5	29,5
R6:R5	6,5 ± 2,2	95,5 ± 1,2	38,8 ± 10,7	69,7 ± 2,3	1,42	0,98		38,7	30,3
R_{aVL}	10 ± 2,7	96,6 ± 1,1	56,5 ± 10,5	70,7 ± 2,3	2,92	0,93		56,5	29,3
Gubner-Ungerleider	5,2 ± 2	98,6 ± 0,7	62,5 ± 15	70,1 ± 2,3	3,75	0,96		62,5	29,9
Lewis	19 ± 3,5	93,4 ± 1,5	56,2 ± 7,7	72,3 ± 2,4	2,89	0,87		56,2	27,8
QRS 12 derivaciones	6,5 ± 2,2	96 ± 1,2	41,9 ± 11,2	69,8 ± 2,3	1,62	0,97		41,9	30,2
HES®	9,2 ± 2,9	97,2 ± 1	59,5 ± 11,2	70,7 ± 2,3	3,30	0,93		59,5	29,3
PDV Sokolow	5,2 ± 2,1	96,9 ± 1	42,4 ± 12,6	69,7 ± 2,3	1,66	0,98		42,4	30,3
PDV Cornell	12,3 ± 2,9	97,4 ± 1	67,8 ± 9,8	71,4 ± 2,3	4,75	0,90		67,2	28,6
PDV Gubner	13,3 ± 3	95,6 ± 0,2	57,1 ± 9,2	71,3 ± 2,3	3	0,91		57,1	28,7
PDV R_{aVL}	15,2 ± 3,2	95,1 ± 1,3	57,9 ± 8,6	71,6 ± 2,3	3,10	0,89		57,9	28,4
PDV QRS 12 derivaciones	12,7 ± 3	92,2 ± 1,6	42,1 ± 8	70,4 ± 2,4	1,64	0,95		42,1	29,6
Dalfó	37,1 ± 4,3	85,4 ± 2,1	53 ± 5,3	75,4 ± 2,4	2,54	0,74		54	24,7
Perugia	16 ± 3,3	95,1 ± 1,3	59,2 ± 8,5	71,8 ± 2,3	3,27	0,88		59,2	28,2
Romhilt-Estes > 4	6 ± 2,1	97,6 ± 0,9	52,7 ± 13,2	70,1 ± 2,3	2,51	0,96		52,7	30
Rohmhilt-Estes > 5	6,3 ± 2,2	98,7 ± 0,7	68,2 ± 13,8	70,3 ± 2,3	4,83	0,95		68,2	29,7

E: especificidad; HES®: Hannover ECG System®; IC95%: intervalo de confianza del 95%; PDV: producto duración-voltaje; PPT−: probabilidad postest negativa; PPT+: probabilidad postest positiva; R_{aVL}: onda R en aVL; RV−: razón de verosimilitud negativa; RV+: razón de verosimilitud positiva; S: sensibilidad; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

Tabla 5
Comparaciones entre las sensibilidades y especificidades de los dos grupos de pacientes (con y sin bloqueo de rama izquierda)

	Sensibilidad (%)			Especificidad (%)		
Criterios	Sin BRI (n = 1.561)	BRI (n = 233)	p	Sin BRI (n = 1.561)	BRI (n = 233)	p
Algoritmo A	13,9 ± 3,1	37,6 ± 8	0,0002	95,7 ± 1,2	92,4 ± 5,4	0,3717
Algoritmo B	14,8 ± 3,2	38,3 ± 8	0,0004	93,8 ± 1,4	90,2 ± 6,1	0,4343
Algoritmo C	53,1 ± 4,5	70,9 ± 7,5	0,0133	70,7 ± 2,7	57,6 ± 10,1	0,0762
Sokolow-Lyon voltaje	3,5 ± 1,6	10,6 ± 5,1	0,0172	96,2 ± 1	97,8 ± 3	0,6785
Cornell voltaje	6,5 ± 2,2	19,1 ± 6,5	0,0207	99,3 ± 0,5	95,7 ± 4,2	0,3650
R6:R5	6,5 ± 2,2	21,3 ± 6,8	0,0081	95,5 ± 1,2	87 ± 6,9	0,0425
R_{aVL}	10 ± 2,7	8,5 ± 0,6	0,8094	96,6 ± 1,1	97,8 ± 3	0,6506
Gubner-Ungerleider	5,2 ± 2	6,4 ± 4	0,7564	98,6 ± 0,7	100 ± 0	0,3161
Lewis	19 ± 3,5	15,6 ± 6	0,5723	93,4 ± 1,5	95,7 ± 4,2	0,5356
QRS 12 derivaciones	6,5 ± 2,2	10,6 ± 5,1	0,4585	96 ± 1,2	96,7 ± 3,6	0,7004
HES®	9,2 ± 2,9	25,5 ± 7,2	0,0029	97,2 ± 1	89,1 ± 6,4	0,0524
PDV Sokolow	5,2 ± 2,1	16,3 ± 6,1	0,0211	96,9 ± 1	93,5 ± 0,1	0,4951
PDV Cornell	12,3 ± 2,9	34 ± 7,8	0,0004	97,4 ± 1	92,4 ± 5,4	0,2147
PDV Gubner	13,3 ± 3	17,7 ± 6,3	0,4345	95,6 ± 1,2	94,6 ± 0,6	0,7330
PDV R_{aVL}	15,2 ± 3,2	24,1 ± 7,1	0,1534	95,1 ± 1,3	93,5 ± 5,1	0,7564
PDV QRS 12 derivaciones	12,7 ± 3	29,8 ± 0,6	0,0059	92,2 ± 0,6	91,3 ± 5,8	0,7998
Dalfó	37,1 ± 4,3	55,3 ± 8,2	0,0159	85,4 ± 0,1	79,4 ± 8,3	0,3574
Perugia	16 ± 3,3	39,7 ± 8,1	0,0003	95,1 ± 1,3	83,7 ± 7,6	0,0211
Romhilt-Estes > 4	6 ± 2,1	8,5 ± 4,6	0,5913	97,6 ± 0,9	93,5 ± 5,1	0,2790
Rohmhilt-Estes > 5	6,3 ± 0,2	17,7 ± 6,3	0,0157	98,7 ± 0,7	92,4 ± 5,4	0,0407

BRI: bloqueo de rama izquierda; HES®: Hannover ECG system®; PDV: producto duración-voltaje; R_{aVL}: onda R en aVL.

Documento descargado de http://www.revespcardiol.org el 22/05/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

ABC

Variables	ABC	Error típico	Significación asintótica	Asintótico, IC95%	
				Límite inferior	Límite superior
ECG_dCornell	0,699	0,034	< 0,001	0,631	0,766
ECG_dPDVCornell	0,717	0,034	< 0,001	0,651	0,783
ECG_dSokolow	0,515	0,038	0,699	0,441	0,589
ECG_dPDVSokolow	0,565	0,037	0,094	0,491	0,638
ECG_dSumaQRS	0,652	0,036	< 0,001	0,582	0,723
ECG_dPDVSumaQRS12	0,685	0,035	< 0,001	0,617	0,754
ECG_dRaVL	0,632	0,037	0,001	0,560	0,704
ECG_dPDVR_{aVL}	0,651	0,036	< 0,001	0,581	0,722
ECG_dLewis	0,575	0,038	0,052	0,502	0,649
ECG_dGubner	0,586	0,037	0,026	0,513	0,660
ECG_dPDVGubner	0,621	0,037	0,002	0,549	0,693
ECG_dDalfó	0,699	0,034	< 0,001	0,631	0,766
ECG_dRV6RV5	0,501	0,038	0,987	0,426	0,575

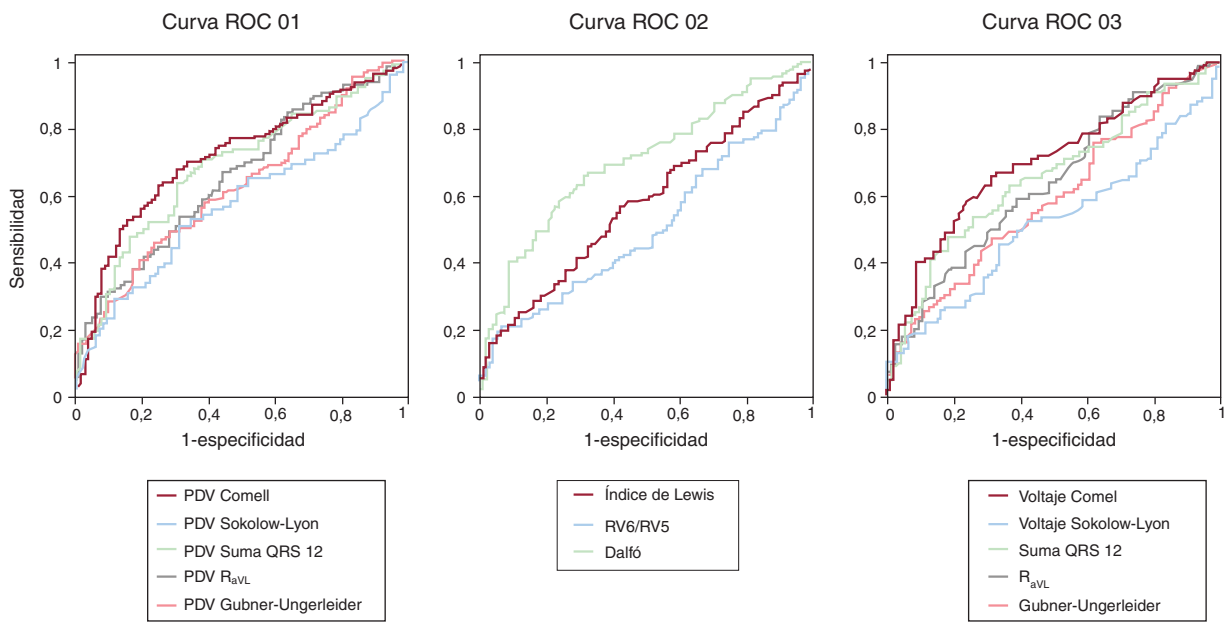

Figura 3. Curvas de las características operativas del receptor de todos los criterios electrocardiográficos, excluidos los criterios de Perugia y Romhilt Estes por ser *scores* y no variables continuas. ABC: área bajo la curva; ECG: electrocardiograma; IC95%: IC95%: intervalo de confianza del 95%; PDV: producto duración-voltaje; R_{aVL}: onda R en aVL; ROC: característica operativa del receptor.

Todos los criterios ECG, excepto R_{aVL}, fueron significativamente más sensibles en pacientes con BRI (tabla 5). Por otra parte, solo tres criterios ECG (RV6:RV5, Perugia, Rohmhilt-Estes > 5) fueron significativamente menos específicos en los pacientes con BRI.

Comparación de criterios de voltaje con criterios de producto duración-voltaje

Los criterios ECG del PDV tienen una sensibilidad ligeramente mayor y una especificidad algo menor que los criterios de voltaje, aunque la precisión diagnóstica no mejoró significativamente (fig. 3).

DISCUSIÓN

Este estudio demuestra que la presencia de BRI no limita la precisión del ECG en el diagnóstico de HVI, al menos cuando la interpretación del ECG se realiza asistida por ordenador. El ordenador puede mejorar el uso del ECG en el diagnóstico de HVI, pues permite una medida precisa y la evaluación simultánea de diversos criterios.

Documento descargado de http://www.revespcardiol.org el 22/05/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

La frecuencia de HVI es mayor en los pacientes con BRI (el 60,5 frente al 35,1%), lo que indica que el incremento de la masa del VI contribuye a la aparición del BRI por fibrosis intraventricular y/o daño del tejido de conducción. Esto puede explicar la elevada incidencia de fibrilación auricular observada. La prevalencia de HVI hallada en diversos estudios ha dependido del escenario clínico considerado y el criterio utilizado, y se ha comunicado del 15 al 73% cuando se ha usado el mismo criterio de HVI que el nuestro[29]. La presencia de BRI se ha considerado como un indicador de la presencia de HVI[30], lo que podría explicar su elevada frecuencia en nuestros pacientes con BRI, similar a lo comunicado por otros[10,14,31].

El ECG se utiliza para el diagnóstico de HVI a pesar de su baja sensibilidad[32–34]. Aunque su elevada especificidad podría indicar que es una técnica «SpPIn» *(specific, positive, in)* en el diagnóstico de HVI, lo que significaría que su positividad establecería el diagnóstico definitivo, su baja sensibilidad limita su utilidad[35]. Además, la presencia de BRI parece restringir aún más la precisión diagnóstica de HVI mediante el ECG[10–13]. Como consecuencia de todo ello, algunos autores han concluido que los criterios electrocardiográficos son insatisfactorios para el diagnóstico de HVI y han señalado la necesidad de desarrollar algoritmos más eficientes[20].

A pesar de estas limitaciones, a muchos pacientes se les realiza un ECG por diversos motivos, por lo cual parece razonable utilizar esta técnica para evaluar la presencia de HVI. Además, su bajo coste y su disponibilidad, así como la significativa información pronóstica que aporta[3,36,37], son también importantes razones para proponer el ECG como una técnica diagnóstica de primera línea en la hipertensión arterial[4,5]. El ECG da información sobre la masa del VI y el remodelado de la cavidad, adicional al mero incremento del voltaje[38]. Se considera que la ecocardiografía es la herramienta más útil para el diagnóstico de HVI en la hipertensión, aunque su mayor coste y su menor disponibilidad restringen su uso[39].

Nuestros datos indican que los criterios ECG de HVI tienen una elevada especificidad pero baja sensibilidad para detectar a la mayoría de los pacientes con HVI cuando tienen BRI. Sin embargo, algunos criterios y algoritmos pueden alcanzar una sensibilidad de un 40-70%, lo que permite la detección de un número significativo de pacientes con HVI. Es de destacar que algunos criterios ECG, como el de Gubner-Ungerleider, tienen una elevada razón de verosimilitud positiva, lo que permite establecer el diagnóstico de HVI cuando son positivos. Por el contrario, las razones de verosimilitud más bajas encontradas no permiten descartar la presencia de HVI, aunque reducen la probabilidad postest al 41% en esta población, que presenta una frecuencia de HVI del 61%.

Aunque existen diferencias en la correlación de los criterios ECG con el índice de masa del VI, la precisión diagnóstica del ECG no cambia significativamente en el BRI. Por otra parte, los criterios compuestos muestran un aumento significativo de la sensibilidad en los pacientes con BRI sin que se observe cambio en especificidad, lo que puede deberse a que estos criterios tienen en cuenta de forma más completa los cambios vectoriales que se observan en el BRI.

Se han propuesto diversos criterios para superar las limitaciones del ECG en el diagnóstico de HVI. Entre ellos, los PDV han sido validados clínicamente. Algunos autores han hallado que estos criterios tienen mayor sensibilidad[40], lo que no ha sido confirmado por otros[41]; además, no existe información sobre su utilidad en el BRI. Nosotros hallamos que los PDV presentan un ligero aumento de sensibilidad con una pequeña disminución en la especificidad. Se necesita más investigación para mejorar la precisión del ECG para el diagnóstico de HVI, y se debe tomar en cuenta, probablemente, algunas características epidemiológicas además de la señal eléctrica del corazón[42].

El uso del ordenador en la interpretación del ECG permite obtener mayor precisión en la medición de los complejos QRS en el BRI, lo cual es difícil manualmente debido a los empastamientos del QRS. En la clínica, la variabilidad en la medida del voltaje del ECG es alta, con baja concordancia en el diagnóstico de HVI[14]. El diagnóstico asistido por ordenador a través de internet es factible y especialmente útil en atención primaria[43]. Se ha demostrado que los métodos asistidos por ordenador tienen una capacidad diagnóstica similar a la de los cardiólogos más competentes[15,16,21,43,44]. Nuestros datos muestran que el uso del ordenador puede ayudar a superar las limitaciones clásicas del ECG.

Las medidas de los ecocardiogramas se realizaron en la imagen 2D, lo cual puede ser menos preciso que las realizadas sobre el registro en modo M. No obstante, la técnica utilizada fue optimizada para minimizar los errores y, de hecho, se obtuvo una frecuencia de HVI parecida a la observada en otras muestras similares[29–31]. Además, esta técnica se usa habitualmente en la clínica, lo que incrementa la posibilidad de extrapolar los resultados.

CONCLUSIONES

La presencia de BRI no limita la precisión diagnóstica del ECG para el diagnóstico de HVI, al menos cuando se utiliza un sistema de diagnóstico asistido por ordenador. Esto permite la implementación de algoritmos diagnósticos más eficaces. De los criterios considerados, el de Gubner-Ungerleider es el que ha mostrado mayor razón de verosimilitud positiva para el diagnóstico de HVI en presencia de BRI.

FINANCIACIÓN

Este trabajo se ha realizado con una beca no condicionada de Sanofi-Aventis, que también apoyó el desarrollo y puesta en marcha de la plataforma ELECTROPRES.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kannel WB. Prevalence and natural history of electrocardiographic left ventricular hypertrophy. Am J Med. 1970;72:813–22.
2. Kannel WB, Gordon T, Offutt D. Left ventricular hypertrophy by electrocardiogram: prevalence, incidence, and mortality in the Framingham study. Ann Intern Med. 1969;71:89–105.
3. Sundström J, Lind L, Arnlöv J, Zethelius B, Andrén B, Lithell HO. Echocardiographic and electrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy predict mortality independently of each other in a population of elderly men. Circulation. 2001;103:2346–51.
4. Williams B, Poulter NR, Brown MJ, Davis M, McInnes GT, Potter JF, et al.; British Hypertension Society. Guidelines for management of hypertension: report of the fourth working party of the British Hypertension Society, 2004 -BHS IV. J Hum Hypertens. 2004;18:139–85.
5. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo Jr JL, et al.; National Heart, Lung, and Blood Institute Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure; National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee. The seventh report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report. JAMA. 2003;289:2560–72.
6. Mancia G, De Backer G, Dominiczak A, Cifkova R, Fagard R, Germano G, et al. 2007 Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). J Hypertens. 2007;25:1105–87.
7. Mancia G, Laurent S, Agabiti-Rosei E, Ambrosioni E, Burniere M, Caulfieldf MJ, et al. Reappraisal of European guidelines on hypertension management: a European Society of Hypertension Task force document. J Hypertens. 2009; 27:2121–58.

Documento descargado de http://www.revespcardiol.org el 22/05/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

8. Haskell RJ, Ginzton LE, Laks MM. Electrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy in the presence of left bundle branch block. J Electrocardiol. 1987;20:227–32.
9. Rohatgi R, Mittal S, Bhardwaj B, Gupta M. Electrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy in the presence of left bundle branch block: an echocardiographic correlation. Int J Cardiol. 1993;39:147–50.
10. Hancock EW, Deal BJ, Mirvis DM, Okin P, Kligfield P, Gettes LS, et al.; American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; American College of Cardiology Foundation; Heart Rhythm Society. AHA/ACCF/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: part V: electrocardiogram changes associated with cardiac chamber hypertrophy: a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee. Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. Endorsed by the International Society for Computerized Electrocardiology. J Am Coll Cardiol. 2009;53:992–1002.
11. Fragola PV, Autore C, Ruscitti G, Picelli A, Cannata D. Electrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy in the presence of left bundle branch block: a wasted effort. Int J Cardiol. 1990;28:215–21.
12. Mehta A, Jain AC, Mehta MC, Billie M. Usefulness of left atrial abnormality for predicting left ventricular hypertrophy in the presence of left bundle branch block. Am J Cardiol. 2000;85:354–9.
13. Kafka H, Burggraf GW, Milliken JA. Electrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy in the presence of left bundle branch block: an echocardiographic study. Am J Cardiol. 1985;55:103–6.
14. Klein RC, Vera Z, DeMaria AN, Mason DT. Electrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy in the presence of left bundle branch block. Am Heart J. 1984;108:502–6.
15. Noble LM, Humphrey SB, Monaghan GB. Left ventricular hypertrophy in left bundle branch block. J Electrocardiol. 1984;17:157–60.
16. Cokkinos DV, Demopoulos JN, Heimonas ET, Mallios C, Papazoglou N, Vorides EM. Electrocardiographic criteria of left ventricular hypertrophy in left bundle-branch block. Br Heart J. 1978;40:320–4.
17. Vandenberg BF, Romhilt DW. Electrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy in the presence of bundle branch block. Am Heart J. 1991; 122:818–22.
18. Oreto G, Saporito F, Messina F, Lanteri S, Luzza F. Electrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy in the presence of intraventricular conduction distubances. G Ital Cardiol (Rome). 2007;8:161–7.
19. Martín-Rioboó E, López Granados A, Cea Calvo L, Pérula de Torres LA, García Criado E, Anguita Sánchez MP, et al. Concordancia entre observadores en el diagnóstico electrocardiográfico de la hipertrofia ventricular izquierda en hipertensos de Andalucía. Estudio PREHVIA. Aten Primaria. 2009;41:248–54.
20. Willems JL, Abreu-Lima C, Arnaud P, Van Bemmel JH, Brohet C, Degani R, et al. The diagnostic performance of computer programs for the interpretation of electrocardiograms. N Engl J Med. 1991;325:1767–73.
21. Willems JL, Abreu-Lima C, Arnaud P, Brohet CR, Denis B, Gehring J, et al. Evaluation of ECG interpretation results obtained by computer and cardiologists. Methods Inf Med. 1990;29:308–16.
22. STARD statement. Disponible en: http://www.stard-statement.org/
23. Institute for Medical Diagnostics. Validation according to IEC60601-2-51 of the Hannover ECG System HES®. Version 1.0, 24-05-2006. Copyright @ Biosigna GmbH, 2000-2006.
24. Bayés de Luna A. Tratado de electrocardiografía clínica. Barcelona: Científico Médica; 1988. p. 157-96.
25. Chou TC. Electrocardiography in clinical practice. 2.ª ed. Orlando: Grune-Stratton; 1986. p. 46-65.
26. Devereux RB, Reichek N. Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. Anatomic validation of the method. Circulation. 1977;55:613–8.
27. Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, Gottlieb GJ, Campo E, Sachs I, et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. Am J Cardiol. 1986;57:450–8.
28. Koren MJ, Devereux RB, Casale PN, Savage DD, Laragh JH. Relation of left ventricular mass and geometry to morbidity and mortality in uncomplicated essential hypertension. Ann Intern Med. 1991;114:345–52.
29. Pewsner D, Jüni P, Battaglia M, Sundström J, Bachmann LM. Accuracy of electrocardiography in diagnosis of left ventricular hypertrophy in arterial hypertension: systematic review. BMJ. 2007;335:711.
30. Ang DS, Fahey TP, Wright GA, Struthers AD. Development and validation of a clinical score to identify echocardiographic left ventricular hypertrophy in patients with cardiovascular disease. Am J Hypertens. 2008;21:1011–7.
31. Petersen GV, Tikoff G. Left bundle branch block and left ventricular hypertrophy: electrocardiographic-pathologic correlations. Chest. 1971;59:174–7.
32. Rodríguez Padial L, Navarro Lima A, Sánchez Domínguez J. Utilidad del electrocardiograma en el diagnóstico de hipertrofia ventricular izquierda en la hipertensión arterial esencial. Rev Esp Cardiol. 1991;44:395–9.
33. Casale PN, Devereux RB, Kligfield P, Eisenberg RR, Miller DH, Chaudhary BS, et al. Electrocardiographic detection of left ventricular hypertrophy: development and prospective validation of improved criteria. J Am Coll Cardiol. 1985;6:572–80.
34. Levy D, Labib SB, Anderson KM, Christiansen JC, Kannel WB, Castelli WP. Determinants of sensitivity and specificity of electrocardiographic criteria for left ventricular hypertrophy. Circulation. 1990;81:815–20.
35. Pewsner D, Battaglia M, Minder C, Marx A, Bucher HC, Egger M. Ruling a diagnosis in or out with "SpPIn" and "SnNOut": a note of caution. BMJ. 2004;329:209–13.
36. González-Juanatey JR, Cea-Calvo L, Bertomeu V, Aznar J. Criterios electrocardiográficos de hipertrofia ventricular izquierda y perfil de riesgo cardiovascular en hipertensos. Estudio VIIDA. Rev Esp Cardiol. 2007;60:148–56.
37. Borrás X, Murga N, Fiol M, Pedreira M. Novedades en cardiología clínica: electrocardiografía de superficie, enfermedad vascular y mujer y novedades terapéuticas. Rev Esp Cardiol. 2010;63 Supl 1:3–16.
38. Bacharova L. Electrocadiography-left ventricular mass discrepancies in left ventricular hypertrophy: electrocardiography imprefection or beyond perfection? J Electrocardiol. 2009;42:593–6.
39. Korner PI, Jennings GL. Assessment of prevalence of left ventricular hypertrophy in hypertension. J Hypertens. 1998;16:715–23.
40. Okin PM, Roman MJ, Devereux RB, Pickering TG, Borer JS, Kligfield P. Time-voltage of the QRS area of the 12-lead electrocardiogram: detection of left ventricular hypertrophy. Hypertension. 1998;31:937–42.
41. Alfakih K, Walters K, Jones T, Ridgway J, Hall AS, Sivananthan M. New gender-specific partition values for ECG criteria of left ventricular hypertrophy. Recalibration against cardiac MRI. Hipertension. 2004;44:175–9.
42. Abacherli R, Zhou L, Schmid JJ, Kobza R, Niggli B, Frey F, et al. Correlation relationship assessment between left ventricular hypertrophy voltage criteria and body mass index in 41 806 Swiss conscripts. Ann Noninvassive Electrocadiol. 2009;14:381–8.
43. De Bruyne MC, Kors JA, Hoes AW, Kruijssen DA, Deckers JW, Grosfeld M, et al. Diagnostic interpretation of electrocardiograms in population-based research: computer program research physicians, or cardiologists? J Clin Epidemiol. 1997;50:947–52.
44. Willems JL, Abreu-Lima C, Arnaud P, Van Bemmel JH, Brohet C, Degani R, et al. Effect of combining electrocardiographic interpretation results on diagnostic accuracy. Eur Heart J. 1988;9:1348–55.