

## ■ ARTÍCULO ORIGINAL

### Valor diagnóstico de los criterios electrocardiográficos de hipertrofia del ventrículo izquierdo en la hipertensión arterial

#### Diagnostic value of the electrocardiographic criteria of left ventricular hypertrophy in arterial hypertension

\*Pablo Daniel Rolón Acosta<sup>1</sup>, \*\*Hugo Monfredini Saccomani<sup>1</sup>, \*\*\*Ignacio Ortiz Galeano<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Médicas, Hospital de Clínicas. San Lorenzo, Paraguay.

### RESUMEN

**Introducción:** el electrocardiograma constituye la primera prueba que ofrece datos para determinar la existencia de hipertrofia ventricular izquierda en la hipertensión arterial.

**Objetivo:** determinar el valor diagnóstico de los criterios electrocardiográficos de hipertrofia del ventrículo izquierdo en comparación a la ecocardiografía transtorácica en personas adultas con hipertensión arterial.

**Material y método:** diseño observacional, descriptivo, retrospectivo de corte transversal, tipo prueba diagnóstica, que incluyó a pacientes adultos con diagnóstico de hipertensión arterial internados en la Tercera Cátedra de Clínica Médica desde enero del 2017 a junio del 2018. Se determinaron las variables demográficas, criterios electrocardiográficos y ecocardiográficos de hipertrofia ventricular izquierda.

**Resultados:** se incluyeron 150 pacientes, 84 (56%) fueron mujeres, edad media de 60±16 años; 103 (68,6%) tuvieron hipertrofia ventricular leve, 45 (30%) moderada y 2 (1,3%) grave. En pacientes con hipertrofia ventricular leve se obtuvo una sensibilidad de 8,7% para el criterio de Sokolow-Lyon y especificidad de 76,6% mientras que para el criterio de Cornell la sensibilidad fue 17,4% y especificidad 53,1%. En la hipertrofia ventricular moderada la sensibilidad fue 22,2% y especificidad 90,4% para Sokolow-Lyon y para Cornell la sensibilidad fue 46,6% y especificidad 73,6%. En la hipertrofia ventricular grave la sensibilidad fue 50% y especificidad 87,1% para el criterio de Sokolow-Lyon mientras que la sensibilidad fue 50% y especificidad 73,6% para el criterio de Cornell.

**Conclusión:** el criterio electrocardiográfico con mejor rendimiento para determinar la hipertrofia ventricular izquierda es el de Cornell. Los criterios de Sokolow-Lyon y de Cornell son eficaces para el grado de hipertrofia grave.

**Palabras claves:** hipertensión, hipertrofia ventricular izquierda, electrocardiografía, ecocardiografía, diagnóstico, sensibilidad y especificidad

\*Médico Residente. Tercera Cátedra de Clínica Médica.

\*\*Jefe de Sala. Tercera Cátedra de Clínica Médica.

\*\*\*Docente-Investigador. Facultad de Ciencias Médicas. Universidad Nacional de Asunción.

#### Autor correspondiente:

Prof. Dr. Ignacio Ortiz Galeano, PhD


Teléfono: +595981374722

Correo electrónico: ignacioortizgaleano@yahoo.es

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2115-125X>

Google analysis: UA-124832356-1

**Artículo recibido:** 10 junio 2019      **Artículo aceptado:** 25 julio 2019

 Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons CC-BY 4.0

## ABSTRACT

**Introduction:** The electrocardiogram is the first test that offers data to determine the existence of left ventricular hypertrophy in arterial hypertension.

**Objective:** To determine the diagnostic value of the electrocardiographic criteria of left ventricular hypertrophy compared to transthoracic echocardiography in adults with hypertension.

**Material and method:** Observational, descriptive, retrospective cross-sectional design, diagnostic test type, which included adult patients diagnosed with arterial hypertension admitted to the Third Department of Medical Clinic from January 2017 to June 2018. Demographic variables, electrocardiographic and echocardiographic criteria of left ventricular hypertrophy were determined.

**Results:** One hundred fifty patients were included, 84 (56%) were women, the mean age was  $60 \pm 16$  years, 103 (68.6%) had mild ventricular hypertrophy, 45 (30%) moderate and 2 (1.3%) severe. In patients with mild ventricular hypertrophy, a sensitivity of 8.7% was obtained for Sokolow-Lyon criteria and a specificity of 76.6% while for Cornell criteria the sensitivity was 17.4% and the specificity 53.1%. In moderate ventricular hypertrophy, the sensitivity was 22.2% and the specificity 90.4% for Sokolow-Lyon while for Cornell the sensitivity was 46.6% and specificity 73.6%. In severe ventricular hypertrophy, the sensitivity was 50% and the specificity 87.1% for the Sokolow-Lyon criterion while the sensitivity was 50% and the specificity 73.6% for the Cornell criterion.

**Conclusion:** The best performance electrocardiographic criteria for determining left ventricular hypertrophy were those of Cornell. The Sokolow-Lyon and Cornell criteria were effective for a degree of severe hypertrophy.

**Keywords:** hypertension, left ventricular hypertrophy, electrocardiography, echocardiography, diagnosis, sensitivity and specificity

## INTRODUCCIÓN

La hipertensión arterial sistémica constituye uno de los factores de riesgo cardiovascular más prevalente en el mundo y en nuestro país<sup>(1-3)</sup>. Encontrar un método para estimar el daño a órganos blancos de una manera sencilla y que sea factible de ser usada en la atención en consultorio, constituiría un gran beneficio para la salud del paciente y economizaría recursos para la salud pública<sup>(4,5)</sup>.

El corazón es uno de los principales órganos blancos en el cual la presión arterial elevada y sostenida produce hipertrofia del ventrículo izquierdo (HVI)<sup>(4)</sup>. De entre los varios métodos para evaluar la misma se destacan: el electrocardiograma (ECG)<sup>(6)</sup>, la ecocardiografía transtorácica (ETT)<sup>(7)</sup>, la resonancia magnética nuclear<sup>(8)</sup> y hasta la necropsia<sup>(9)</sup>.

El ECG constituye el método de evaluación cardiológica más utilizado en todos los niveles de atención y es la primera prueba que señala datos para determinar la existencia HVI. Fueron desarrollados numerosos criterios electrocardiográficos para ponderar el daño miocárdico debido a la HTA, comparándolos con métodos diagnósticos más trascendentales, de entre ellos la ETT<sup>(4,7)</sup>.

Los criterios por voltaje, como el de Sokolow-Lyon, fueron los primeros en desarrollarse<sup>(10)</sup>. El de Cornell<sup>(9)</sup> o Lewis y junto a otros, ofrecen la posibilidad de estimar la HVI y así tomar la decisión de iniciar o ajustar el tratamiento para poder revertir en la medida de lo posible daño al miocardio<sup>(11-13)</sup>.

Teniendo como base los estudios disponibles que han utilizado los criterios por ECG de HVI, se han seleccionado los más fáciles de aplicar en una consulta y los mismos se han relacionado con datos ecocardiográficos<sup>(4,14)</sup>. El objetivo de este estudio fue determinar el valor diagnóstico de los criterios electrocardiográficos de HVI en comparación a la ETT en personas adultas con hipertensión arterial.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se aplicó un diseño observacional, descriptivo, retrospectivo de corte transversal, tipo prueba diagnóstica.

La población de estudio estuvo constituida por varones y mujeres, mayores de 18 años, que se internaron en la Tercera Cátedra de Clínica Médica del Hospital de Clínicas (San Lorenzo, Paraguay) desde enero del 2017 a junio del 2018. Los criterios de inclusión fueron pacientes hipertensos conocidos y/o diagnosticados durante la internación, con ECG realizados al ingreso y que han sido sometidos a estudios de ETT en el Servicio de Cardiología del Hospital de Clínicas en el curso de su internación. Las mediciones de la ETT se realizaron siguiendo las normas de la *American Society of Echocardiography* y la Asociación Europea de Imagen Cardiovascular<sup>(15)</sup>, en modo bidimensional y durante la diástole. Se midieron la pared posterior del ventrículo izquierdo y del septo interventricular. Se consideró HVI cuando el índice de masa del ventrículo izquierdo fue  $>116 \text{ g/m}^2$  en hombres y  $>104 \text{ g/m}^2$  en mujeres. Se excluyeron pacientes con ECG poco nítidos, con enfermedades valvulares, con bloqueo completo e incompleto de rama izquierda y derecha, infarto de miocardio previo, preexcitación ventricular y alteraciones del ritmo. También a pacientes con obesidad extrema o enfisema pulmonar, derrame pericárdico, enfermedad renal crónica en hemodiálisis y alteraciones hidroelectrolíticas. Se utilizó un muestreo no probabilístico de casos consecutivos.

Se midieron variables demográficas (edad, sexo), criterios electrocardiográficos y ecocardiográficos de HVI que se citan en tabla 1<sup>(4,14,16)</sup>.

**Tabla 1.** Criterios electrocardiográficos basados en el voltaje

| CRITERIOS                 | FORMULA                                     | CRITERIOS DE HVI   |
|---------------------------|---|--|
| <b>Sokolow-Lyon</b>       | $S V_1 + R V_5 \text{ ó } R V_6$<br>$R aVL$ | $\geq 3,5 \text{ mV} = 35 \text{ mm}$<br>$> 1,1 \text{ mV} = 11 \text{ mm}$        |
| <b>Cornell</b>            | $R aVL + S V_3$                             | H: $\geq 2,8 \text{ mV} = 28 \text{ mm}$<br>M: $\geq 2 \text{ mV} = 20 \text{ mm}$ |
| <b>Lewis</b>              | $(R D_1 + S D_3) -$<br>$(R D_3 + S D_1)$    | $> 1,7 \text{ mV} = 17 \text{ mm}$   |
| <b>Gubner-Ungerleider</b> | $R D_1 + S D_3$                             | $> 2,5 \text{ mV} = 25 \text{ mm}$   |
| <b>R6: R5</b>             | $R V_6 / R V_5$                             | $> 1$  |
| <b>R en aVL</b>           | $R aVL$                                     | $> 1,1 \text{ mV} = 11 \text{ mm}$   |

H: hombres M: mujeres

Los rangos de normalidad y anormalidad por ETT se detallan en tablas 2 y 3.

**Tabla 2.** Rangos de referencia de normalidad por ecocardiografía (en mm)

| INDICADOR DE HVI                 | MUJERES | HOMBRES |
|----------------------------------|---------|---------|
| <b>Grosor del tabique</b>        | 6 – 9   | 6 – 10  |
| <b>Grosor de pared posterior</b> | 6 – 9   | 6 – 10  |

**Tabla 3.** Rangos de referencia de anormalidad por ecocardiografía (en mm)

| INDICADOR DE HVI                 | MUJERES |          |       | HOMBRES |          |       |
|----------------------------------|---------|----------|-------|---------|----------|-------|
|                                  | Leve    | Moderado | Grave | Leve    | Moderado | Grave |
| <b>Grosor del tabique</b>        | 10-12   | 13-15    | ≥ 16  | 11-13   | 14-16    | ≥ 17  |
| <b>Grosor de pared posterior</b> | 10-12   | 13-15    | ≥ 16  | 11-13   | 14-16    | ≥ 17  |

Las mediciones de las variables fueron dicotomizadas para su análisis según lo requiere el diseño. Se consideró el espesor de mayor dimensión obtenido por ETT para la clasificación en las categorías de HVI.

Para el reclutamiento de datos se solicitó permiso a las autoridades del Hospital de Clínicas. Se realizó la revisión de todas las fichas clínicas incluidas en el periodo de estudio de manera consecutiva hasta completar el tamaño de muestra necesaria. Se utilizó una ficha de recolección de datos confeccionada para el efecto, donde fueron consignadas las variables a medir de manera dicotómica. Con la ficha de recolección se procedió a llenar una planilla electrónica Excel®. El análisis estadístico se realizó con Epi Dat 3.1®. Se calculó la sensibilidad, la especificidad, el valor predictivo positivo (VPP) y el valor predictivo negativo (VPN) de los criterios electrocardiográficos considerando como patrón de oro a la ETT.

Para el cálculo de tamaño de muestra se utilizó el programa estadístico Epi Dat 3.1®. Para una sensibilidad esperada de 57%, nivel de confianza 95%, precisión 8%, el tamaño mínimo calculado fue de 148 sujetos<sup>(17)</sup>.

Aspectos éticos: se respetó la confidencialidad de los datos personales. Los autores declaran que no reciben financiación externa ni tienen conflictos de interés comercial.

## RESULTADOS

Fueron incluidos en el estudio 150 pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión, de los cuales 84 (56%) fueron del sexo femenino. La edad media de la muestra fue 60±16 años. Del total de pacientes, 103 (68,6%) tuvieron HVI leve, 45 (30%) moderada y 2 (1,3%) grave por ECG.

Teniendo en cuenta los criterios electrocardiográficos y ecocardiográficos de HVI se calculó la sensibilidad, especificidad, VPP y VPN con sus IC 95% (tabla 4 y 5).

**Tabla 4.** Validación de criterios en hipertrofia ventricular izquierda leve (IC 95%)

| Criterios                 | S %              | E %              | VPP %            | VPN %            |
|---------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Sokolow-Lyon</b>       | 8,74(2,8-14,6)   | 76,60(63,4-89,7) | 45,00(20,7-69,3) | 27,69(19,6-35,7) |
| <b>Cornell</b>            | 17,48(9,6-25,3)  | 53,19(37,8-68,5) | 45,00(28,3-61,6) | 22,73(14,4-31)   |
| <b>Lewis</b>              | 18,45(10,4-26,4) | 65,96(51,3-80,5) | 54,29(36,3-72,2) | 26,96(18,4-35,5) |
| <b>Gubner-Ungerleider</b> | 4,85(0,2-9,4)    | 89,36(79,4-99,2) | 50,00(14,0-85,9) | 30,00(22,-37,9)  |
| <b>R6:R5</b>              | 11,65(4,9-18,3)  | 93,62(85,5-100)  | 80,00(56,4-100)  | 32,59(24,3-40,8) |
| <b>R aVL</b>              | 6,80(1,4-12,1)   | 80,85(68,5-93,1) | 43,75(16,3-71,1) | 28,36(20,3-36,3) |

HVI: hipertrofia ventricular izquierda; S: sensibilidad; E: especificidad; VPP: valor predictivo positivo; VPN: valor predictivo negativo; IC: intervalo de confianza.

**Tabla 5.** Validación de criterios en ventricular izquierda moderada (IC 95%)

| <b>Criterios</b>          | <b>S%</b>        | <b>E%</b>        | <b>VPP%</b>      | <b>VPN%</b>      |
|---------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Sokolow-Lyon</b>       | 22,22(8,9-35,4)  | 90,48(84,3-96,5) | 50,00(25,5-74,4) | 73,08(65,0-81,0) |
| <b>Cornell</b>            | 46,67(30,9-62,3) | 81,90(74,0-89,7) | 52,50(35,7-69,2) | 78,18(70,0-86,3) |
| <b>Lewis</b>              | 35,56(20,4-50,6) | 81,90(74,0-89,7) | 45,71(27,7-63,6) | 74,78(66,4-83,1) |
| <b>Gubner-Ungerleider</b> | 11,11(0,8-21,4)  | 95,24(90,6-99,7) | 50,00(14,0-85,9) | 71,43(63,5-79,2) |
| <b>R6:R5</b>              | 6,67(0,0-15)     | 88,57(82,0-95,1) | 20,00(0,0-43,5)  | 68,89(60,7-77,0) |
| <b>R aVL</b>              | 20,00(7,2-32,8)  | 93,33(88,0-98,5) | 56,25(28,8-83,6) | 73,13(65,2-81,0) |

HVI: hipertrofia ventricular izquierda; S: sensibilidad; E: especificidad; VPP: valor predictivo positivo; VPN: valor predictivo negativo; IC: intervalo de confianza.

## DISCUSIÓN

En este estudio se encontró que el criterio de Lewis fue el que arrojó una sensibilidad adecuada cuando el grado de HVI era leve en el estudio ecocardiográfico. Sin embargo, su aplicación en la práctica clínica no es rápida pues su fórmula de cálculo es compleja <sup>(4,14)</sup>. En segundo término, se encuentra el criterio de Cornell, con una sensibilidad y especificidad aceptables con grado de HVI moderada. Por otra parte, el criterio de Sokolow-Lyon solo tuvo un buen rendimiento en HVI de grado severo, perdiendo fuerza cuando las dimensiones del ventrículo izquierdo eran menores.

En un estudio en adultos hipertensos realizado en Brasil se encontró una sensibilidad mayor y una especificidad similar a este estudio en pacientes con HVI moderada tanto en el criterio de Cornell como Sokolow-Lyon <sup>(18)</sup>. Otro estudio realizado en EEUU por Peguero y col. encontraron también una sensibilidad baja y una especificidad alta utilizando los criterios de Cornell y Sokolow-Lyon en pacientes hipertensos <sup>(19)</sup>.

La obesidad disminuye la sensibilidad y la especificidad del ECG para detectar HVI tanto para el criterio de Cornell y Sokolow-Lyon <sup>(20)</sup>. En este estudio se ha excluido a pacientes con obesidad para evitar el efecto de esta patología en la detección de la HVI, lo que podría ser una limitación de esta investigación.

Analizando cada uno de los resultados, se puede observar una tendencia de que a medida que aumentan las dimensiones del ventrículo izquierdo también aumenta la sensibilidad de los criterios, a excepción del criterio R6:R5. Las diferencias sustanciales entre los criterios y los resultados de otros estudios podrían obedecer a causas multifactoriales no determinadas <sup>(18-22)</sup>.

El ECG sigue siendo el primer método para la detección de HVI en pacientes con hipertensión arterial. Cuando se comparan con los criterios electrocardiográficos tradicionales, el de Cornell y los criterios multifactoriales como el criterio de Perugia permiten la detección de HVI en una proporción alta de sujetos, a la vez predicen un alto riesgo de morbilidad y mortalidad cardiovascular <sup>(21)</sup>.

Una de las limitaciones de este estudio fue su diseño retrospectivo y la variabilidad encontrada en los estudios de ETT debido a diferentes operadores, que podría ser un sesgo importante en las conclusiones. Sin embargo, los resultados son similares a otros estudios que tomaron como patrón de oro a la ETT, incluso valiéndonos de un parámetro lineal como el grosor del septum y la pared posterior que no fue tenida en cuenta en ningún otro estudio <sup>(14,16,23)</sup>.

Con las determinaciones realizadas en este trabajo y tomando de base a varios estudios que han demostrado la posibilidad de utilizar los criterios electrocardiográficos de HVI con una certeza aceptable. Sabiendo que el ventrículo izquierdo tiene cambios estructurales al momento de la evaluación, se puede sostener y recomendar el uso confiable de estos mismos criterios en la atención primaria de los pacientes hipertensos. Lastimosamente en esta investigación no se evaluó el daño de otros órganos blanco para poder correlacionar la HVI con la gravedad de la retinopatía o nefropatía hipertensiva. Este aspecto queda pendiente de estudiar.

Los resultados expuestos, contribuyen en alguna medida a respaldar más el uso rutinario del ECG para la estratificación de riesgo de todo paciente con sospecha de afectación cardiovascular y limitar el uso inadecuado de estudios más sofisticados y menos accesibles debidos a su limitada disponibilidad<sup>(23-24)</sup>. Todo esto contribuiría a disminuir el costo total del tratamiento de un paciente con cardiopatía y por ende, para la salud pública. Sin embargo, teniendo en cuenta la baja sensibilidad con aceptable especificidad de los criterios estudiados, se podría justificar en alguna medida la solicitud de otros estudios más sensibles como la ETT para detectar la cardiopatía hipertensiva e hipertrófica<sup>(23)</sup>, a fin de no subestimar el daño al miocardio y poder establecer un tratamiento adecuado.

## CONCLUSIONES

Se halló una sensibilidad baja para los criterios electrocardiográficos de HVI con una especificidad en promedio elevado, además de VPP intermedio y con VPN bajo, considerando los pacientes con HVI leve. En HVI de grado moderado, se obtuvo una sensibilidad más aceptable, destacándose el criterio de Cornell entre los evaluados.

El criterio electrocardiográfico con mejor rendimiento para determinar la HVI es el de Cornell. El criterio de Sokolow-Lyon y Cornell son eficaces para el grado de hipertrofia grave.

### Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cañete F. Primera encuesta nacional de factores de riesgo y enfermedades no transmisibles Paraguay 2011 [Internet]. Asunción: MSP y BS. Dirección Vigilancia de Enfermedades No Transmisibles; 2011 [consultado 10 mayo 2018]. Disponible en: [https://www.paho.org/par/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=349-primeros-resultados-de-encuestas-nacionales-de-ent-realizados-en-2011&category\\_slug=epidemiologia-y-control-de-enfermedades&Itemid=253](https://www.paho.org/par/index.php?option=com_docman&view=download&alias=349-primeros-resultados-de-encuestas-nacionales-de-ent-realizados-en-2011&category_slug=epidemiologia-y-control-de-enfermedades&Itemid=253)
2. Abel N, Contino K, Jain N, Grewal N, Grand E, Hagans I, et al. Eighth joint national committee (JNC-8) guidelines and the outpatient management of hypertension in the African-American population. *N Am J Med Sci*. 2015; 7(10):438–45.
3. Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, Casey DE Jr, Collins KJ, Dennison Himmelfarb C, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA. Guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: Executive summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines. *JACC*. 2018; 71(19):2199–269.
4. Lu N, Zhu JX, Yang PX, Tan XR. Models for improved diagnosis of left ventricular hypertrophy based on conventional electrocardiographic criteria. *BMC Cardiovasc Disord*. 2017;17(1):217.
5. Banegas JR, Ruilope LM, de la Sierra A, Vinyoles E, Gorostidi M, de la Cruz JJ, et al. Relationship between clinic and ambulatory blood-pressure measurements and mortality. *N Engl J Med*. 2018; 378(16):1509–20.

6. Calderón A, Barrios V, Escobar C, Ferrer E, Barrios S, González-Pedel V, et al. Detection of left ventricular hypertrophy by different electrocardiographic criteria in clinical practice. Findings from the Sara study. *Clin Exp Hypertens*. 2010; 32(3):145–53.
7. Moustafa MM, Rezk Shredah AA, Marghany KA, Sayed Zakaria AY. Electrocardiography versus Echocardiography for assessment of left ventricular hypertrophy in ischemic heart disease patients with and without cardiovascular risk factors. *Egypt J Hosp Med*. 2019; 74(5):1165–73.
8. Buchner S, Debl K, Haimerl J, Djavidani B, Poschenrieder F, Feuerbach S, et al. Electrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy in aortic valve disease: Evaluation of ECG criteria by cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2009; 11(1):18.
9. Casale PN, Devereux RB, Kligfield P, Eisenberg RR, Miller DH, Chaudhary BS, Phillips MC. Electrocardiographic detection of left ventricular hypertrophy: Development and prospective validation of improved criteria. *J Am Coll Cardiol*. 1985; 6(3):572–80.
10. Sokolow M, Lyon TP. The ventricular complex in left ventricular hypertrophy as obtained by unipolar precordial and limb leads. *Am Heart J*. 1949; 37(2):161–86.
11. Tziomalos K, Sofogianni A, Angelopoulou SM, Christou K, Kostaki S, Papagianni M, et al. Left ventricular hypertrophy assessed by electrocardiogram is associated with more severe stroke and with higher in-hospital mortality in patients with acute ischemic stroke. *Atherosclerosis*. 2018; 274:206–11.
12. van Kleef MEAM, Visseren FLJ, Vernooij JWP, Nathoe HM, Cramer MM, Bemelmans RHH, et al. Four ECG left ventricular hypertrophy criteria and the risk of cardiovascular events and mortality in patients with vascular disease. *J Hypertens*. 2019; 36(9):1865–73.
13. Kampaktsis PN, Ullal AV, Swaminathan RV, Minutello RM, Kim L, Bergman GS, et al. Absence of electrocardiographic left ventricular hypertrophy is associated with increased mortality after transcatheter aortic valve replacement. *Clin Cardiol* 2019; 41(9):1246–51.
14. Beladan CC, Popescu BA, Calin A, Rosca M, Matei F, Gurzun MM, et al. Correlation between global longitudinal strain and QRS voltage on electrocardiogram in patients with left ventricular hypertrophy. *Echocardiography*. 2014; 31(3):325–34.
15. Sun L, Feng H, Ni L, Wang H, Gao D. Realization of fully automated quantification of left ventricular volumes and systolic function using transthoracic 3D echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound*. 2018 Jan 23;16(1):2.
16. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* /Internet/. 2015 [cited 2019 Jun 7]; 16(3):233–70. Available In: <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/181887/1/eur%20hj%20ci%202015%2016%20233%201ang%20badano.pdf>
17. Ehara S, Hasegawa T, Matsumoto K, Otsuka K, Yamazaki T, Iguchi T, et al. The strain pattern, and not Sokolow-Lyon electrocardiographic voltage criteria, is independently associated with anatomic left ventricular hypertrophy. *Heart Vessels*. 2014; 29(5):638–44.
18. Burgos PF, Luna Filho B, Costa FA, Bombig MT, Souza D, Bianco HT, et al. Electrocardiogram performance in the diagnosis of left ventricular hypertrophy in hypertensive patients with left bundle branch block. *Arq Bras Cardiol*. 2017; 108(1):47–52.
19. Peguero JG, Lo Presti S, Perez J, Issa O, Brenes JC, Tolentino A. Electrocardiographic criteria for the diagnosis of left ventricular hypertrophy. *J Am Coll Cardiol*. 2017; 69(13):1694–703.
20. Rodrigues JC, McIntyre B, Dastidar AG, Lyen SM, Ratcliffe LE, Burchell AE, et al. The effect of obesity on electrocardiographic detection of hypertensive left ventricular hypertrophy: recalibration against cardiac magnetic resonance. *J Hum Hypertens*. 2016; 30(3):197–203.
21. Schillaci G, Battista F, Pucci G. A review of the role of electrocardiography in the diagnosis of left ventricular hypertrophy in hypertension. *J Electrocardiol*. 2012; 45(6):617–23.
22. Rodríguez-Padial L, Akerström F, Robles-Gamboa C, Andrés J, Ruiz-Baena J. Diagnostic accuracy of left ventricular hypertrophy in patients with myocardial infarction by computer-assisted electrocardiography (ELECTROPRES). *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2013;18(2):170–80.

23. Arunkumar S, Sakthivel V, Kishan Raj K. Correlation between electrocardiogram and echocardiography in the assessment of left ventricular hypertrophy among hypertension patients. *J. Evid. Based Med. Healthc.* 2018; 5(16):1385-9.
24. Domienik-Karłowicz J, Rymarczyk Z, Lisik W, Kurnicka K, Ciurzyński M, Bielecki M, Kosieradzki M, Pruszczyk P. Questionable validity of left ventricular hypertrophy cutoff values in morbidly and super-morbidly obese patients. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2018; 23(6):e12564.