

Revisão dos Critérios de Sokolow-Lyon-Rappaport e Cornell para Hipertrofia do Ventrículo Esquerdo

Revision of the Sokolow-Lyon-Rappaport and Cornell Voltage Criteria for Left Ventricular Hypertrophy

Sérgio Lamêgo Rodrigues¹, Lílian D'Angelo^{1,2}, Alexandre Costa Pereira², José Eduardo Krieger², José Geraldo Mill¹

Programa de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas – Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes)¹ – Vitória, ES/Laboratório de Cardiologia Molecular - Instituto do Coração do Hospital das Clínicas - FMUSP² - São Paulo, SP - Brasil

Resumo

Fundamento: A hipertrofia do ventrículo esquerdo (HVE) detectada pela eletrocardiografia é um forte preditor de morbidade e mortalidade cardiovasculares.

Objetivo: Analisar o desempenho dos critérios de Sokolow-Lyon-Rappaport (SLR) e de Cornell, em amostra populacional, em relação ao diagnóstico de HVE à ecocardiografia.

Métodos: Entre os 682 participantes da segunda fase do Projeto MONICA-OMS/Vitória, 641 foram avaliados por meio de eletrocardiografia e ecocardiografia. O subgrupo de indivíduos saudáveis (n = 269) foi usado para gerar valores de referência da massa do ventrículo esquerdo (MVE). As sensibilidades e especificidades dos critérios eletrocardiográficos foram determinadas pela curva ROC (receptor-operator characteristics) em relação ao diagnóstico de HVE definido pelo critério ecocardiográfico interno (MVE ≥ 48 g/m^{2,7} e 46 g/m^{2,7} para homens e mulheres, respectivamente).

Resultados: A prevalência de HVE à ecocardiografia foi de 23,7% na amostra global, em que havia 49% de hipertensos. O critério de Cornell apresentou melhor associação com a MVE estimada pela ecocardiografia (r = 0,37; p < 0,01) que o critério de SLR (r = 0,19), além de melhor desempenho na análise da área sob a curva ROC. Os novos pontos de corte para o critério de Cornell definidos internamente (2,3 mV para homens e 1,9 mV para mulheres) apresentaram combinação aceitável de sensibilidade para homens e mulheres (22,5% e 28%, respectivamente), com alta especificidade (95%).

Conclusão: Os critérios clássicos de SLR e Cornell apresentaram baixo desempenho em relação à HVE definida pela ecocardiografia. Entretanto, a acurácia pode ser melhorada, utilizando-se os critérios de Cornell definidos neste estudo. (Arq Bras Cardiol 2008;90(1):46-53)

Palavras-chave: Eletrocardiografia, ecocardiografia, hipertrofia ventricular esquerda, hipertensão.

Summary

Background: Electrocardiographically-detected left ventricular hypertrophy (LVH) is a strong predictor of cardiovascular morbidity and mortality.

Objective: To assess the performance of the Sokolow-Lyon-Rappaport (SLR) and Cornell voltage criteria in a population sample regarding the diagnosis of LVH on echocardiogram (ECHO).

Methods: A total of 641 out of the 682 participants of the second phase of the MONICA-Vitória project were assessed using electrocardiogram and echocardiogram. A subgroup of healthy individuals (n=269) was used to generate reference values of LV mass (LVM). Sensitivities and specificities of the electrocardiographic criteria were determined by the ROC (receptor-operator characteristics) curve in relation to the diagnosis of LVH, as defined by the internal echocardiographic criterion (LVM ≥ 48 and 46 g/m^{2,7} for males and females, respectively).

Results: The prevalence of LVH as detected by ECHO was 23.7% in the total sample, in which 49% of the individuals were hypertensive. The Cornell criterion showed a better association with the LVM as estimated by ECHO (r = 0.37, p < 0.01) than the SLR criterion (r = 0.19) as well as a better performance in the analysis of the area under the ROC curve. The new cut-off points for the internally-defined Cornell voltage criterion (2.3 mV for males and 1.9 mV for females) showed an acceptable combination of sensitivity (22.5 and 28% for males and females, respectively), with a high specificity (95%).

Conclusion: The classic SLR and Cornell voltage criteria showed a low performance in relation to LVH as detected by the ECHO. However, this accuracy may be improved by using the Cornell voltage criteria defined in the present study. (Arq Bras Cardiol 2008;90(1):44-51)

Key words: Electrocardiography, echocardiography, hypertrophy, left ventricular, hypertension.

Full English text available from www.arquivosonline.com.br

Correspondência: José Geraldo Mill •

Av. Marechal Campos, 1468 - 29042-755 - Vitória, ES - Brasil

E-mail: jgmill@npd.ufes.br

Artigo recebido em 20/04/07; revisado recebido em 04/06/07; aceito em 04/06/07.

Introdução

A hipertrofia do ventrículo esquerdo (HVE) detectada à eletrocardiografia^{1,2} ou à ecocardiografia^{3,4} é manifestação de doença cardiovascular pré-clínica⁵, constituindo forte preditor de morbidade e mortalidade cardiovasculares. O diagnóstico de HVE deve ser firmado, preferencialmente, pela ecocardiografia. Entretanto, dificuldades técnicas e considerações econômicas limitam o uso em larga escala da ecocardiografia com essa finalidade. A eletrocardiografia de repouso, por outro lado, é um método de baixo custo, não invasivo, de fácil aquisição e bastante disponível para uso clínico. Muitos estudos têm sido feitos para melhorar os critérios eletrocardiográficos de identificação dessa condição em pacientes com diferentes afecções cardiovasculares. O principal critério para identificação de HVE é o aumento de voltagem do complexo QRS e, com essa finalidade, diversos critérios têm sido propostos. Relatos de superioridade do critério de Cornell em relação ao critério clássico de Sokolow e Lyon têm sido publicados^{6,7}. Entretanto, a maior parte dos estudos que estabeleceram os pontos de corte para separar indivíduos com massa ventricular esquerda (MVE) normal daqueles com HVE foi obtida na população norte-americana. A extrapolação pura e simples de tais critérios para outras populações pode determinar erro apreciável, uma vez que a voltagem do QRS depende não só da massa cardíaca, mas também da antropometria, da deposição de gordura no tórax e do tamanho das mamas em mulheres.

Considerando que a eletrocardiografia ainda é o principal meio para diagnóstico de HVE na maior parte dos serviços de saúde, notadamente daqueles vinculados à rede pública voltados para a atenção primária, o objetivo deste estudo foi o de determinar os valores dos critérios de voltagem de Sokolow-Lyon-Rappaport (SLR)^{8,9} e de Cornell¹⁰, em amostra da população geral incluída em estudo de natureza epidemiológica na cidade de Vitória, Espírito Santo (Projeto MONICA-OMS/Vitória)^{11,12}, para determinar a prevalência e a gravidade dos fatores de risco cardiovascular. O estudo permitiu definir novos pontos de corte para HVE à eletrocardiografia, usando-se, como padrão de referência, os achados da ecocardiografia (modo M guiado pelo bidimensional, utilizando as imagens geradas pela segunda harmônica). A análise das curvas ROC (*receptor-operator characteristics*) permitiu determinar valores de sensibilidade e especificidade em homens e mulheres de diversos pontos de corte obtidos nos registros eletrocardiográficos.

Métodos

O estudo foi realizado em amostra de 682 indivíduos de ambos os sexos (homens, 43,5%), com 27 a 72 anos de idade, que participaram da segunda fase do Projeto MONICA-OMS/Vitória. Todos os participantes eram originários de uma amostra randômica ($n = 1.663$) da população de Vitória estudada na fase 1 desse mesmo projeto, entre 1999 e 2000^{11,12}. Os indivíduos foram convidados a comparecer para novos exames clínicos e laboratoriais no Hospital Universitário da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), por meio de contato telefônico e/ou carta. O protocolo de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro

de Ciências da Saúde da Ufes e todos os participantes assinaram termo de consentimento livre e esclarecido para participação no projeto. Todos os indivíduos foram submetidos a classificação racial, de acordo com critérios validados na população brasileira¹³. Com base nas características fenotípicas (cor da pele, textura do cabelo, formato do nariz e aspecto dos lábios) e na auto-avaliação, os indivíduos foram classificados como brancos, negros, mulatos ou outros mestiços.

Eletrocardiografia convencional de repouso (12 derivações) foi realizada em 682 indivíduos em aparelho computadorizado (Ecafex, modelo Cardio Perfect), com impressão de registro em impressora HP682C (0,1 mV/cm e 25 mm/s). Para avaliação da HVE foram utilizados o índice de SLR^{8,9} (SV_1 ou $V_2 + RV_5$ ou V_6) $\geq 3,5$ mV ou 35 mm e os critérios de Cornell^{6,10} ($RaVL + SV_3$) $\geq 2,8$ mV ou 28 mm e/ou 2,4 mV ou 24 mm para homens e $\geq 2,0$ mV ou 20 mm para mulheres (doravante denominados "critérios externos"). Registros eletrocardiográficos com bloqueio completo de ramo, infarto do miocárdio, síndrome de Wolff-Parkinson-White, fibrilação atrial e uso de digitálicos foram excluídos.

Os exames para registro ecocardiográfico foram realizados em aparelho Acuson-Sequóia do setor de ecocardiografia do Hospital Universitário da Ufes. Todos os exames foram feitos por um único observador com 10 anos de experiência em ecocardiografia, sem conhecimento dos dados clínicos e laboratoriais dos indivíduos. Um segundo observador avaliou 35 exames escolhidos aleatoriamente, cujos resultados apresentaram coeficientes de correlação de Pearson (r) de 0,94 para a espessura do septo e diâmetro diastólico do ventrículo esquerdo (VE), 0,92 para espessura da parede posterior e 0,89 para o diâmetro sistólico do VE.

As imagens foram obtidas com os participantes em decúbito lateral esquerdo, nos cortes paraesternal longitudinal e transversal e cortes apicais de quatro e de duas câmaras. Somente os exames com visualização adequada das interfaces e que apresentaram imagens simultâneas do septo, do diâmetro interno do VE e da parede posterior foram considerados adequados para determinar a MVE. Foram excluídos 41 indivíduos, por não terem realizado eletrocardiografia e/ou ecocardiografia. As medidas do VE foram feitas de acordo com as recomendações da *American Society of Echocardiography* (ASE)¹⁴ pelo modo M guiado pelo bidimensional, utilizando o recurso de imagem disponibilizado pelo emprego da segunda harmônica. As medidas do VE foram feitas na tela do aparelho, com resolução de 2 mm, seguindo a convenção *leading edge to leading edge*¹⁴. Os diâmetros diastólico e sistólico do VE, a espessura do septo interventricular e a parede posterior do VE foram medidos no final da diástole, definida pelo início do QRS pela monitorização eletrocardiográfica simultânea. Todos os valores foram registrados em milímetros (mm), e cada medida foi anotada como a média de três medidas consecutivas. A MVE foi calculada utilizando-se a fórmula ASE corrigida¹⁵:

$MVE = 0,8 \{1,04[(SIV + DdVE + PP)^3 - DdVE^3]\} + 0,6g$
em que SIV representa a espessura do septo interventricular, DdVE representa o diâmetro diastólico do VE e PP representa a espessura da parede posterior.

As MVE foram indexadas para a superfície corporal (calculada pela fórmula de Dubois¹⁶), para a altura (metros) e

para a altura elevada à potência de 2,7, conforme preconizado por De Simone e cols.^{17,18}. As medidas para gerar os valores internos de referência foram obtidas em subamostra saudável, composta de 269 indivíduos que não usavam medicação para hipertensão e/ou diabetes, tinham pressão arterial < 140/90 mmHg, índice de massa corporal (IMC) < 30 kg/m², glicemia < 110 g/dl, creatinina < 2,0 mg/dl, índice de SLR < 3,5 mV, e não apresentavam lesões valvulares e anormalidades na mobilidade de parede miocárdica. Os pontos de corte foram definidos como os valores correspondentes ao percentil 95% (P₉₅) da curva de distribuição normal, sendo de ≥ 48 g/m^{2.7} e 46 g/m^{2.7}, ≥ 110 g/m e 98,7 g/m e ≥ 105 g/m² e 95,3 g/m² para homens e mulheres, respectivamente. Doravante, será utilizada a indexação da MVE para altura^{2.7} para as comparações com os critérios eletrocardiográficos.

Estatística - Os dados são mostrados como média ± desvio padrão para variáveis contínuas e em proporções para variáveis categóricas. As médias ± desvio padrão foram calculadas para as MVE indexadas e para cada critério eletrocardiográfico de acordo com o sexo e a presença de HVE. As diferenças nas prevalências entre grupos foram analisadas pelo teste Z para proporções¹⁹. A análise do desempenho dos indexadores de MVE e das sensibilidades e especificidades dos índices de SLR e de Cornell foram feitas por meio da curva ROC²⁰. As diferenças do desempenho das áreas sob a curva ROC foram comparadas por

meio do escore de Z univariado e bicaudal²¹. As sensibilidades também foram comparadas numa especificidade fixa de 95% e os valores dos pontos de corte correspondentes foram identificados para cada critério. Foram utilizados o teste t ou Anova de uma via na comparação de duas ou mais médias. O teste *post hoc* de Tukey foi usado quando necessário. O grau de correlação entre os critérios de SLR e de Cornell e a MVE foi determinado pelo coeficiente r de Pearson. A significância estatística foi estabelecida para p < 0,05 em análise no programa SPSS 13.0.

Resultados

Dos 682 indivíduos estudados, 43,5% eram do sexo masculino, 17,1% eram brancos, 21,8% eram mulatos e 2,9% eram negros. As mulheres corresponderam a 56,5% dos indivíduos estudados, sendo 19,9% brancas, 28,7% mulatas e 2,7% negras. Do total dos indivíduos, 641 apresentaram registros eletrocardiográficos e ecocardiográficos tecnicamente adequados.

Na amostra total (tab. 1), constatou-se que, dentre as variáveis contínuas, todas foram significativamente diferentes entre sexos, exceto idade, MVE indexada, espessuras do SIV e da PP, como também o DdVE. Dentre as variáveis categóricas, apesar da maior prevalência de diabetes nas mulheres e de tabagismo nos homens, as diferenças não alcançaram significância estatística. Entretanto, foram constatadas diferenças

Tabela 1 - Características da amostra total e do subgrupo saudável de referência

	Amostra total		Amostra saudável	
	Homens (n = 297)	Mulheres (n = 385)	Homens (n = 103)	Mulheres (n = 180)
Idade, anos	51,3 (10,5)	51,2 (10,2)	47,8 (9,8)	48,4 (9,7)
Peso, kg	74,7 (11,5)	65,4 (13,5)*	71,7 (10,1)	59,2 (9,1)*
IMC, kg/m ²	26,1 (3,6)	26,8 (5,2)*	24,6 (2,7)	24,0 (3,0)
SC, m ²	1,84 (0,15)	1,64 (0,18)*	1,82 (0,15)	1,58 (0,13)*
PAS, mmHg	133,8 (18,5)	127,5 (19,4)*	119,5 (8,6)	115,6 (11,2)*
PAD, mmHg	88,6 (11,5)	82,4 (11,8)*	80,0 (6)	76,0 (7)*
SLR, mm	28,8 (9,0)	23,4 (6,9)*	25,7 (6,2)	21,7 (5,2)*
Cornell, mm	15,5 (5,8)	13,2 (5,8)*	13,6 (4,2)	11,1 (4,0)*
MVE, g	170,9 (44,7)	136,4 (6,8)*	153,6 (26,7)	117,9 (25,0)*
MVE/altura elevada à potência de 2,7, g/m ^{2.7}	41,8 (11,0)	41,0 (11,6)	36,8 (6,8)	35,0 (7,2)*
SIV, mm	8,9 (1,0)	9,0 (1,1)	8,8 (0,9)	9,0 (1,1)
PP, mm	8,7 (0,9)	8,8 (1,0)	8,7 (0,6)	8,9 (1,1)
DdVE, mm	48,4 (4,7)	48,7 (5,0)	48,2 (4,7)	49,1 (5,1)
IMC > 30 kg/m ² , %	15	24	----	----
Tabagista, %	19,8	14,8	21,3	16,1
Diabetes, %	4,3	7,6	-----	-----
Hipertensos/AH, %	55,5/24,5	43,6/30,3	-----	-----

Valores expressos em média (desvio padrão). A subamostra saudável de referência é composta por indivíduos sem doença cardiovascular, obesidade, diabetes ou disfunção renal. * p < 0,05 vs. homens da mesma amostra. n - número de pacientes; IMC - índice de massa corporal; SC - superfície corporal; PAS - pressão arterial sistólica; PAD - pressão arterial diastólica; SLR - Sokolow-Lyon-Rappaport (à eletrocardiografia); MVE - massa do ventrículo esquerdo (à ecocardiografia); SIV - septo interventricular; PP - parede posterior; DdVE - diâmetro diastólico do ventrículo esquerdo; AH - em uso de anti-hipertensivos.

na prevalência de obesidade (maior nas mulheres) e maior tendência à hipertensão nos homens, associada a menor uso de anti-hipertensivos. Na subamostra saudável, os valores médios de todas as variáveis contínuas foram significativamente maiores nos homens, exceto idade, IMC, espessuras do SIV e da PP, e o DdVE. A prevalência de tabagismo foi igual entre os sexos.

A MVE indexada para altura elevada à potência de 2,7 ($\text{g/m}^{2,7}$) foi correlacionada de forma positiva ($p < 0,01$) com os critérios de Cornell ($r = 0,37$) e de SLR ($r = 0,19$) (fig. 1 A e B).

A tabela 2 demonstra que os homens têm maiores valores de voltagem para os dois critérios (SLR e Cornell) que as mulheres, nos grupos com e sem HVE, exceto para o critério de Cornell no grupo com HVE.

A figura 2 mostra as curvas ROC dos critérios de SLR e de Cornell para HVE, em relação à ecocardiografia, com MVE indexada para altura elevada à potência de 2,7. O critério de Cornell apresenta desempenho global melhor que o de SLR (área sob a curva 0,679 vs. 0,591; $Z = 2,8$; $p < 0,05$).

Para avaliar a sensibilidade dos índices de SLR e de Cornell de maneira mais efetiva, a comparação foi feita com especificidade fixa de 95%, que é a mais usada na literatura^{22,23}. A sensibilidade e os novos pontos de corte estratificados por

critério e sexo estão apresentados na tabela 3. O critério de Cornell apresenta sensibilidade similar ao de SLR nos homens, mas superior nas mulheres (28% vs. 20%).

Na figura 3 estão comparados os índices de SLR e de Cornell entre os grupos étnico-raciais da amostra total. Apesar do pequeno número de representantes da raça negra (apenas 39 indivíduos), pode-se verificar que os negros e os mulatos apresentaram média dos valores de SLR mais alta que os brancos ($p < 0,05$). Há tendência de aumento de valores para o índice de Cornell na raça negra, sem, entretanto, alcançar significância estatística.

A tabela 4 compara as médias da MVE indexadas dos indivíduos com critérios de Cornell positivo para HVE ($\geq 2,3$ mV para os homens e $\geq 1,9$ mV para as mulheres), com as MVE indexadas dos indivíduos saudáveis. Percebe-se que, tanto em homens como em mulheres, o critério de Cornell detecta indivíduos com MVE +2 desvios padrão da média encontrada para os indivíduos sem HVE. Os mesmos resultados foram observados para o índice de SLR pelo critério interno.

Discussão

Apesar de a eletrocardiografia ser o método recomendado

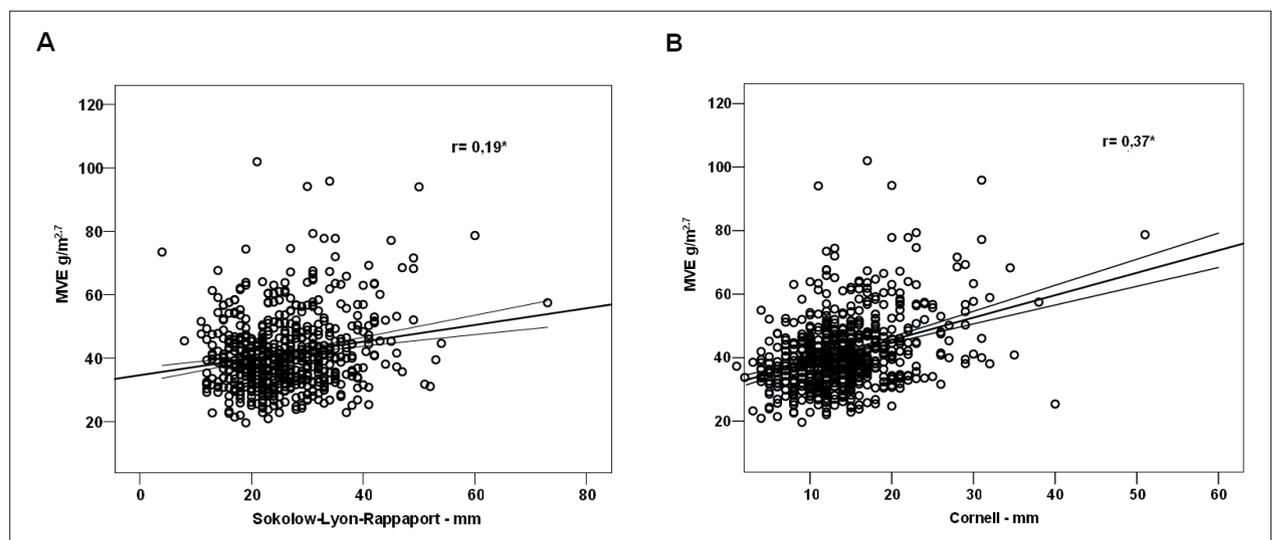


Fig. 1 - Correlação entre massa do ventrículo esquerdo indexada para altura elevada à potência de 2,7 e as voltagens dos índices de Sokolow-Lyon-Rappaport (A) e Cornell (B), com retas de regressão e intervalos de confiança de 95%. MVE - massa do ventrículo esquerdo.

Tabela 2 - Voltagem do complexo QRS e presença de hipertrofia do ventrículo esquerdo, definida pela ecocardiografia

Critérios eletrocardiográficos	Sem HVE		Com HVE	
	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
SLR (mm)	28 ± 8	23 ± 6*	32 ± 11	26 ± 9*
Cornell (mm)	15 ± 5	12 ± 6*	18 ± 7	17 ± 7

Dados expressos como médias ± desvio padrão. A presença de hipertrofia do ventrículo esquerdo (HVE) foi definida pela ecocardiografia, usando o indexador $\text{g/m}^{2,7}$ (≥ 48 $\text{g/m}^{2,7}$ e 46 $\text{g/m}^{2,7}$ para homens e mulheres, respectivamente). * $p < 0,05$ entre sexos. HVE - hipertrofia do ventrículo esquerdo; SLR - Sokolow-Lyon-Rappaport.

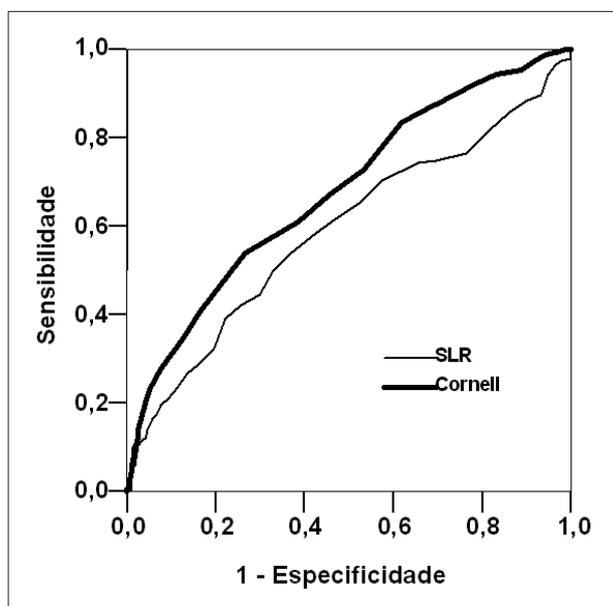


Fig. 2 - Curva ROC comparando o desempenho dos índices de Sokolow-Lyon-Rappaport e Cornell para a identificação de hipertrofia do ventrículo esquerdo definida a partir da massa do ventrículo esquerdo, determinada pela ecocardiografia (massa do ventrículo esquerdo $\geq 48 \text{ g/m}^2$,7 e 46 g/m^2 ,7 para homens e mulheres, respectivamente). Independentemente do valor de especificidade, o critério de Cornell apresenta melhor sensibilidade. SLR - Sokolow-Lyon-Rappaport.

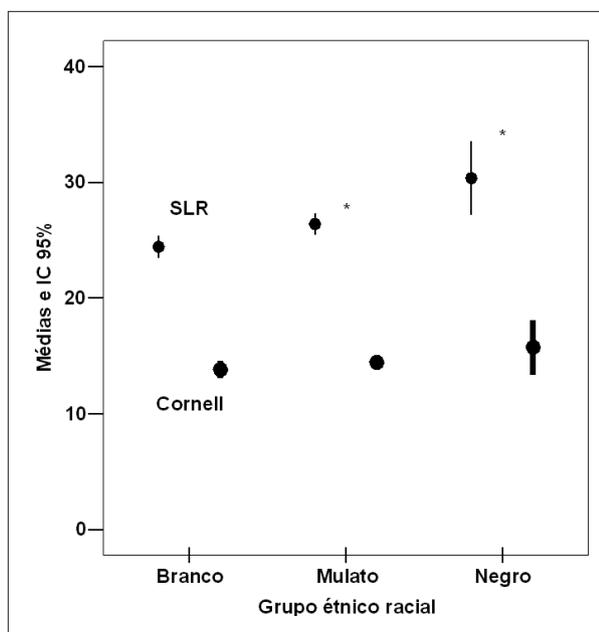


Fig. 3 - Índices de Sokolow-Lyon-Rappaport e Cornell obtidos em indivíduos de diferentes grupos étnico-raciais. * $p < 0,05$ (ANOVA com post hoc de Tukey) em relação à média da raça branca. SLR - Sokolow-Lyon-Rappaport; IC 95% - intervalo de confiança de 95%.

Tabela 3 - Sensibilidade dos critérios de Sokolow-Lyon-Rappaport e Cornell e pontos de corte para homens e mulheres na especificidade de 95%, no diagnóstico de hipertrofia do ventrículo esquerdo, estabelecido à ecocardiografia

Critérios eletrocardiográficos	Sensibilidade (%)		Pontos de corte (mm)	
	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
SLR	21,4	20,0	$\geq 4,1$	$\geq 3,1$
Cornell	22,5	28,0	$\geq 2,3$	$\geq 1,9$

A hipertrofia do ventrículo esquerdo foi definida por massa do ventrículo esquerdo $\geq 48 \text{ g/m}^2$,7 e 46 g/m^2 ,7 para homens e mulheres, respectivamente. SLR - Sokolow-Lyon-Rappaport.

Tabela 4 - Massa indexada do ventrículo esquerdo de indivíduos com critério de Cornell positivo para hipertrofia do ventrículo esquerdo ($\geq 2,3 \text{ mV}$ para homens e $\geq 1,9 \text{ mV}$ para mulheres)

Critério de indexação	Com HVE		Sem HVE	
	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
MVE/alt	120 ± 32	110 ± 34	90 ± 16	75 ± 15
MVE/sc	109 ± 26	101 ± 29	84 ± 13	74 ± 13
MVE/alt ^{2,7}	51 ± 15	53 ± 17	37 ± 7	35 ± 7

A massa do ventrículo esquerdo, obtida pela ecocardiografia, foi indexada pela altura em metro, pela superfície corporal e pela altura elevada à potência de 2,7. Os dados são fornecidos como média \pm desvio padrão. HVE - hipertrofia do ventrículo esquerdo; MVE - massa do ventrículo esquerdo; alt - altura; sc - superfície corporal; alt^{2,7} - altura elevada à potência de 2,7.

na avaliação de todo indivíduo hipertenso^{24,25}, seu uso para estabelecer presença de HVE é limitado, dada sua baixa sensibilidade²⁶. Como consequência, a baixa prevalência de HVE em estudos populacionais levou ao não uso da eletrocardiografia como método para determinar a presença de HVE em algumas

equações de avaliação de risco cardiovascular²⁷. Somente uma pequena fração de indivíduos com HVE definido pela ecocardiografia pode ser detectada pela eletrocardiografia em altos níveis de especificidade²⁸. Entretanto, a eletrocardiografia ainda é muito mais disponível em nosso meio que a ecocardiografia.

Além disso, em vista da facilidade do registro e do baixo custo da eletrocardiografia, há ainda necessidade de se tentar melhorar a utilização desse método para aprimorar a identificação de indivíduos com HVE, os quais são incluídos no grupo com alto risco de desenvolver desfechos cardiovasculares mais graves (arritmias cardíacas, morte súbita, infarto do miocárdio, etc.)²⁹. Como se sabe, os portadores de alto risco cardiovascular necessitam intensificação de cuidados de assistência tanto médica como farmacêutica. Assim, neste estudo foram avaliados os critérios de voltagem dos índices de SLR e de Cornell por serem os mais utilizados na literatura e também por dispensarem o uso de computação para suas análises, o que os torna mais realistas e de mais fácil aplicabilidade em nosso meio.

Estudos relatando valores altos de sensibilidade dos critérios eletrocardiográficos foram feitos em pacientes com doenças cardiovasculares^{6,30,31}, os quais eram portadores de valores mais altos de MVE. Gasperin e cols.⁹ estudaram uma amostra proveniente do ambulatório de ecocardiografia de um hospital universitário e constataram baixo desempenho geral dos critérios estudados, sendo o desempenho do critério de SLR ainda pior que o de Cornell.

A associação entre as voltagens à eletrocardiografia e as estimativas de MVE é, em geral, fraca^{6,23}. Entretanto, a MVE indexada pela altura elevada à potência de 2,7 na amostra total demonstrou correlação significativa ($p < 0,01$) com os critérios de Cornell e de SLR ($r = 0,37$ e $r = 0,19$, respectivamente), havendo nítida tendência de melhor associação com o primeiro critério. Dado semelhante é apresentado por Schillaci e Porcellati³² em estudo com 923 indivíduos hipertensos, no qual foram encontrados coeficientes de correlação de 0,48 e 0,27 para os critérios de Cornell e de SLR. Este estudo ratifica os relatos da literatura de que os critérios eletrocardiográficos padrão são pouco sensíveis na triagem de HVE. Por outro lado, pela primeira vez um estudo de base populacional feito no Brasil avalia o desempenho desses critérios para diagnóstico de HVE por meio da curva ROC, que traz como grande diferencial a possibilidade de se determinar a sensibilidade para qualquer valor de especificidade.

A análise da sensibilidade e da especificidade de um método depende do ponto de corte escolhido. A análise da área sob a curva ROC^{20,21} permite a avaliação do desempenho de um ou mais testes, sob ampla margem de possíveis pontos de corte, permitindo assim a identificação e a comparação das diferenças nos desempenhos entre métodos, independentemente de critérios empiricamente definidos. Este estudo confirma, por meio dessa metodologia, a superioridade do critério de Cornell em relação ao de SLR, como mostrado na figura 2, corroborando os achados de outros estudos^{9,28,32}. Para uma análise mais elucidativa do desempenho dos critérios estudados, as sensibilidades foram comparadas em relação a uma especificidade fixa de 95%, que, além de ser a mais usada na literatura^{22,23}, atende aos propósitos clínicos do método (tab. 3). O critério de Cornell apresenta sensibilidade similar à do critério de SLR nos homens e superior nas mulheres (28% vs 20%).

Os pontos de corte específicos para cada sexo, segundo o critério clássico de Cornell (2,8 mV para homens e 2,0 mV para mulheres), são baseados na evidência de que há diferença significativa na magnitude das voltagens do QRS entre sexos⁶. Entretanto, as análises da curva ROC na amostra deste

estudo, como também os valores das médias das voltagens dos complexos QRS (tab. 2), indicam que essa diferença parece excessiva. Uma diferença menor entre as voltagens (2,3 mV para homens e 1,9 mV para mulheres) está associada a sensibilidade de 22,5% nos homens e de 28% nas mulheres, mantendo ainda ótima especificidade (95%). Esses valores estão mais próximos daqueles estabelecidos no estudo de Schillaci e cols.³², em que foram propostos valores de 2,4 mV e 2,0 mV para homens e mulheres, respectivamente. Alfakih e cols.³³, em publicação recente, utilizaram a análise das áreas sob a curva ROC e propuseram uma redefinição dos pontos de corte estratificados por sexo para vários critérios da eletrocardiografia para diagnóstico de HVE, tomando como referência a MVE estimada pela ressonância magnética cardíaca.

As discrepâncias nos critérios de voltagem podem ser decorrentes de diferenças nas idades e na condição clínica dos indivíduos estudados. Os valores de corte gerados no estudo de Casale e Devereux¹⁰ e de Devereux e Eisenberg³¹ foram extraídos de uma amostra de indivíduos jovens e normotensos. A média de idade da amostra deste estudo foi de 51 ± 10 anos. Pelo fato de ter englobado indivíduos saudáveis e com diversos tipos de doenças, incluindo hipertensos, deve traduzir melhor as potencialidades diagnósticas do método nas atividades cotidianas de assistência médica à população.

As diferenças relativas ao sexo na magnitude da voltagem do complexo QRS são, em parte, atribuídas ao menor volume do miocárdio nas mulheres e, em parte, à maior distância entre a massa cardíaca e os eletrodos precordiais, por causa do tecido mamário. O potencial elétrico registrado na superfície corporal pode ser atenuado por diversos fatores extracardíacos, tais como a constituição física, a adiposidade, o volume pulmonar e a gordura epicárdica.

O melhor desempenho do critério de Cornell pode ser explicado pela análise das anormalidades vetocardiográficas induzidas pela HVE. Com o aumento da MVE, as forças elétricas passam a se orientar horizontalmente (correspondendo à onda R em aVL) e posteriormente (correspondendo à onda S em V₃). Além disso, a derivação V₃ está mais próxima ao VE e, possivelmente, deve ser menos influenciada pela variação da distância entre o miocárdio e os eletrodos³⁴.

Okin e Dahlof³⁵ investigaram os valores das voltagens e do produto (voltagem X duração QRS) dos critérios eletrocardiográficos (SLR, Cornell e Somatório das 12 derivações) entre raças. Após a análise de resultados de indivíduos hipertensos (120 afro-americanos e 751 brancos), esses autores constataram que os critérios de SLR e o somatório das 12 derivações superestimaram a presença de HVE. Além disso, o critério do produto de Cornell subestimou a presença de HVE nos negros em relação aos brancos. Esses achados foram resultantes das diferenças das médias das voltagens, sendo o índice de SLR maior em negros ($39,0 \pm 12,3$ vs $31,7 \pm 10,2$; $p < 0,01$), enquanto o índice de Cornell ($22,7 \pm 9,1$ vs $25,1 \pm 7,8$; $p < 0,05$) foi maior em brancos. Apesar do pequeno número de negros deste estudo, foi possível observar que esses indivíduos apresentaram valores de voltagem do critério de SLR significativamente mais altos que os mulatos, que, por sua vez, apresentaram valores maiores que os brancos. Houve tendência de aumento dos valores da média do índice de Cornell na raça negra. Pelo fato de estarem sendo

comparados critérios de voltagens intra-raças, e de terem sido encontrados valores diametralmente opostos, não houve a preocupação de se fazer quaisquer ajustamento. Não foi encontrada explicação para as diferenças dos índices de SLR e Cornell dentro da mesma raça constatadas neste estudo, e, principalmente, para as diferenças entre os critérios aplicados, já que ambos são critérios de voltagem.

Okin e Dahlof³⁵ e Chapman e Poulter³⁶ reportaram que as diferenças de amplitude dos complexos QRS entre raças não puderam ser explicadas, tomando como base os maiores valores de MVE nos afro-americanos, já que as diferenças persistiram mesmo após ajustamento para as diferentes MVE. Esses autores relataram também que as diferenças dos dados eletrocardiográficos não decorreram de variações do IMC, já que nos Estados Unidos os negros tendem a ter maior massa gorda, o que resultaria em diminuição da magnitude e não no incremento das voltagens da eletrocardiografia. Neste estudo não foram encontradas diferenças nas médias das MVE estimadas pela ecocardiografia entre as raças-étnias, como também não foram encontradas diferenças no IMC, talvez em decorrência da pequena amostra representativa da raça negra. Fica clara, por esses estudos, a necessidade de se definir pontos de corte para o critério de SLR para o diagnóstico de HVE, e que sejam específicos para diferentes grupos raciais. Também sob esse aspecto o critério de Cornell foi superior, porque foi independente da estratificação étnico-racial. Esse fato reveste-se de grande importância em nosso meio, pela existência de grande miscigenação e pelo fato de haver locais em que a raça negra ainda tem grande predominância na população geral.

Os valores médios de MVE diferem significativamente entre indivíduos com critérios de voltagem para HVE e indivíduos saudáveis (tab. 4). Percebe-se que em ambos os sexos o critério de Cornell detecta indivíduos com MVE +2 desvios padrão acima do normal. Os mesmos resultados foram observados para os índices de SLR pelo critério interno. Os critérios de SLR e Cornell definidos na literatura, por outro lado, só identificam valores de MVE 2,5 a 3 desvios padrão acima da média. Assim, o ponto de corte definido internamente está em sintonia com a necessidade de critérios de diagnóstico que detectem a HVE em fases mais precoces.

Foi observada prevalência de HVE pelo critério de MVE indexado para altura elevada à potência de 2,7 ($\text{g}/\text{m}^{2,7}$) de 23,7% (8,7% nos homens e 14,9% nas mulheres). Nesse grupo com HVE identificado pela ecocardiografia ($n = 152$), também foi encontrada associação de HVE diagnosticada pela eletrocardiografia em 29% dos casos (critério de Cornell, 2,3 mV e 1,9 mV para homens e mulheres, respectivamente). Constatou-se, assim, boa sensibilidade e ótima especificidade desse novo ponto de corte para o critério de Cornell. Esse dado é de fundamental importância, haja vista o relato de

Kohsaka e Di Tullio³⁷, em que foi observado aumento do risco de acidente vascular cerebral (AVC) isquêmico em indivíduos portadores de HVE diagnosticados pela ecocardiografia, que também apresentavam evidência de HVE pelo critério eletrocardiográfico de Cornell (2,8 mV e 2,0 mV para homens e mulheres, respectivamente). Parece que a informação obtida pela eletrocardiografia fornece informações independentes sobre as alterações miocárdicas. Esses autores concluíram que o risco de AVC isquêmico poderia ser mais bem avaliado se a eletrocardiografia fosse realizada e interpretada em conjunto com os dados fornecidos pela ecocardiografia.

Uma das limitações deste estudo é que apenas um único observador firmou o diagnóstico de HVE, tanto no exame ecocardiográfico como no eletrocardiográfico. No primeiro exame, cujas medidas são mais dependentes do observador, a aferição do examinador foi feita contra um segundo, tendo havido grau de concordância entre observadores na determinação da MVE superior a 90%³⁸. Em relação à eletrocardiografia, as medidas de amplitudes de ondas R e S nas derivações precordiais foram obtidas diretamente de 20 registros por dois observadores independentes, observando-se elevado grau de reprodutibilidade ($r = 0,96$), o que indica baixa probabilidade de erros de diagnóstico por ambos os critérios apresentados.

Conclusão

Assim, na amostra deste estudo, foi observada superioridade do desempenho do critério de Cornell em relação ao de SLR para diagnóstico de HVE em ambos os sexos. Sugerem-se novos pontos de corte específicos por sexo, para os critérios de Cornell (2,1 mV e 1,9 mV) e de SLR (4,1 mV e 3,1 mV), para homens e mulheres, respectivamente. Em populações nas quais a miscigenação racial com a etnia negra é grande, os dados deste estudo indicam superioridade do critério de Cornell em relação ao de SLR. Entretanto, há necessidade de novos estudos que definam pontos de corte do critério de SLR estratificado por raça.

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo foi financiado por CNPq, FAPESP e FACITEC.

Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de tese de doutorado de Sérgio Lamêgo Rodrigues, pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Referências

1. Verdecchia P, Schillaci G, Porcellati C. Prognostic value of a new electrocardiographic method for diagnosis of left ventricular hypertrophy. *J Am Coll Cardiol*. 1998; 31: 383-90.
2. Kannel WB, Gordon T. Left ventricular hypertrophy by electrocardiogram: prevalence, incidence, and mortality in the Framingham Study. *Ann Intern Med*. 1969; 71: 89-105.

3. Koren MJ, Devereux RB, Casale PN. Relation of left ventricular mass and geometry to morbidity and mortality in uncomplicated essential hypertension. *Ann Intern Med.* 1991; 114: 345-52.
4. Levy D, Garrison RJ, Castelli WP. Prognostic implications of echocardiographically determined left ventricular mass in the Framingham Heart Study. *N Engl J Med.* 1990; 322: 1561-6.
5. Devereux RB, Alderman MH. The role of preclinical cardiovascular disease in the evolution from risk factor exposure to the development of clinical morbid events. *Circulation.* 1993; 88: 1444-55.
6. Casale PN, Devereux RB. Eletrocardiographic detection of left ventricular hypertrophy development and prospective validation of improved criteria. *J Am Coll Cardiol.* 1985; 6: 572-80.
7. Okin PM, Roman MJ, Devereux RB, Kligfield P. Electrocardiographic identification of increased left ventricular mass by simple voltage-duration products. *J Am Coll Cardiol.* 1995; 25: 417-23.
8. Sokolow M, Lyon TP. The ventricular complex in left ventricular hypertrophy as obtained by unipolar precordial and limb leads. *Am Heart J.* 1949; 37: 161-86.
9. Gasperin CA, Germiniani H, Facin CA, Souza AM, Pereira da Cunha CL. An analysis of electrocardiographic criteria for determining left ventricular hypertrophy. *Arq Bras Cardiol.* 2002; 78: 72-83.
10. Casale PN, Devereux RB. Improved sex-specific criteria of left ventricular hypertrophy for clinical and computer interpretation of electrocardiograms: validation with autopsy findings. *Circulation.* 1987; 75: 565-72.
11. Mill JG, Molina MCB, Silva IO. Epidemiologia da hipertensão arterial na cidade de Vitória, Espírito Santo. *Hipertensão.* 2004; 7: 109-16.
12. Pereira AC, Mill JG, Krieger JE. Angiotensinogen 235T allele dosage is associated with blood pressure phenotypes. *Hypertension.* 2003; 41: 25-30.
13. Lessa I, Fonseca J. Raça e aderência ao tratamento e ou consulta e controle da hipertensão arterial. *Arq Bras Cardiol.* 1997; 6: 443-9.
14. Sahn DJ, DeMaria A, Weyman A. Recommendations regarding quantitation in M-Mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation.* 1978; 58: 1072-83.
15. Devereux RB, Alonso DR, Reichek N. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am J Cardiol.* 1986; 57: 450-8.
16. Dubois D, Dubois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Intern Med.* 1916; 17: 863-71.
17. De Simone G, Devereux RB. Gender differences in left ventricular growth. *Hypertension.* 1995; 26: 979-83.
18. De Simone G, Kizer JR, Devereux RB. Normalization for body size and population attributable risk of left ventricular hypertrophy: The Strong Heart Study. *Am J Hypertens.* 2005; 18: 191-6.
19. Dawson-Saunders B, Trapp RG. *Basic & Clinical Biostatistics.* 2nd ed. Norwalk: Appleton & Lange; 1994. p. 148.
20. Hanley JA, McNeil BJ. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology.* 1982; 143: 29-36.
21. Hanley JA, McNeil BJ. A method of comparing the areas under receiver operating characteristic (ROC) curves derived from the same cases. *Radiology.* 1983; 148: 839-43.
22. Norman JE Jr, Levy D. Improved detection of echocardiographic left ventricular hypertrophy using a new electrocardiographic algorithm. *J Am Coll Cardiol.* 1993; 21: 1680-6.
23. Molloy TJ, Okin PM, Devereux RB. Electrocardiographic detection of left ventricular hypertrophy by the simple QRS voltage duration product. *J Am Coll Cardiol.* 1992; 20: 1180-6.
24. National High Blood Pressure Education Program. The sixth report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *Arch Intern Med.* 1997; 157: 2413-46.
25. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo JL Jr, et al. The Seventh Report of the Joint Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report. *JAMA.* 2003; 289 (19): 2560-72.
26. Devereux RB, Reichek N. Echocardiographic determination of left ventricular mass in man: anatomic validation of the method. *Circulation.* 1977; 55: 613-8.
27. Anderson KM, Kannel WB. An updated coronary risk profile: a statment for health professionals. *Circulation.* 1991; 83: 356-62.
28. Levy D, Castelli WP. Determinants of sensitivity and specificity of electrocardiographic criteria for left ventricular hypertrophy. *Circulation.* 1990; 81: 815-20.
29. Simon A, Giral P, Levenson J. Extracoronary atherosclerotic plaque at multiple sites and total coronary calcification deposit in asymptomatic men: association with coronary risk profile. *Circulation.* 1995; 92: 1414-21.
30. Reichek N, Devereux RB. Left ventricular hypertrophy: relationship of anatomic, echocardiographic and eletrocardiographic findings. *Circulation.* 1981; 63: 1391-8.
31. Devereux RB, Eisenberg RRI. Electrocardiographic detection of left ventricular hypertrophy using echocardiographic determination of left ventricular mass as the reference standard: comparison of standard criteria, computer diagnosis and physician interpretation. *J Am Coll Cardiol.* 1984; 3: 82-7.
32. Schillaci G, Porcellati C. Improved eletrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy. *Am J Cardiol.* 1994; 74: 714-9.
33. Alfakih K, Walters K, Sivanathan M. New gender-specific partition values for ECG criteria of left ventricular hypertrophy. recalibration against cardiac MRI. *Hypertension.* 2004; 44: 175-9.
34. Noble LM, Mongham GB. Left ventricular hypertrophy in left bundle block. *J Eletrocardiol.* 1984; 17: 157-60.
35. Okin PM, Dahlof B for the LIFE Study Investigators. Ethnic differences in electrocardiographic criteria for left ventricular hypertrophy: The LIFE Study. *Am Heart J.* 2002; 15: 663-71.
36. Chapmam JN, Poulter NR. Ethnic differences in the identification of left ventricular hypertrophy in the hypertensive patient. *Am J Hypertens.* 1999; 12: 437-42.
37. Kohsaka S, Di Tullio M. Additional impact of electrocardiographic over echocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy for predicting the risk of ischemic stroke. *Am Heart J.* 2005; 149: 181-6.
38. Ângelo LCS, Vieira MLC, Rodrigues SL, Morelato RL, Pereira AC, Mill JG, et al. Echocardiographic reference values in a sample of asymptomatic adult Brazilian population. *Arq Bras Cardiol.* 2007; 89: 184-90.