Профилактическая медицина
2022, Т. 25, №5, с. 67-72
https://doi.org/10.17116/profmed20222505167

The Russian Journal of Preventive Medicine
2022, vol. 25, no 5, pp. 67-72
https://doi.org/10.17116/profmed20222505167

Совершенствование диагностического поиска по оценке гипертрофии левого желудочка у мужчин при скрининговых исследованиях

© А.С. БАЙДИНА[1], А.Е. НОСОВ[1], О.Ю. ГОРБУШИНА[1], О.Ю. УСТИНОВА[1, 2]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, Пермь, Россия;
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» Минобрнауки России, Пермь, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Разработать дополнительные чувствительные и специфичные электрокардиографические (ЭКГ) критерии для ранней диагностики гипертрофии левого желудочка (ГЛЖ).

Материал и методы. Группу наблюдения составили 184 пациента мужского пола (средний возраст 53,0±7,5 года). Проведена эхокардиография (ЭХО-КГ) на аппарате Vivid q (GE Vingmed Ultrasound AS, Норвегия) для определения ГЛЖ, ЭКГ в 12 стандартных отведениях с использованием электрокардиографа CARDIOVIT AT-10 (Schiller FG, Швейцария) для оценки индексов ГЛЖ. Выполнены статистическая обработка данных и ROC-анализ.

Результаты. В обследованной когорте на основании данных ЭКГ ГЛЖ зарегистрирована только у 7,1% пациентов, данных трансторакальной ЭХО-КГ — у 45,6% пациентов. Хорошая прогностическая способность в отношении диагностики ГЛЖ показана для корнельского вольтажного индекса (AUC=0,744), средняя — для *R*aVL (AUC=0,679). Согласно матрице ROC-анализа значение точки отреза (cut-off) для *R*aVL в отношении ГЛЖ составляет 4,5 мм с чувствительностью 71% и специфичностью 56%; для корнельского вольтажного индекса это значение составляет 15,5 мм с чувствительностью 74% и специфичностью 57%. При оценке методом ROC-анализа точки отреза (cut-off) индекса массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ) по росту в степени 2,7 в отношении прогнозной принадлежности к группе ГЛЖ по данным двухфакторной логистической регрессионной модели получено значение AUC=0,704 (p=0,0001) и точки отреза ИММЛЖ с чувствительностью 68% и специфичностью 72% — 50 г/м^{2,7}.

Выводы. Установленные значения точек отреза (cut-off) в отношении ГЛЖ у мужчин для *R*aVL 4,5 мм и корнельского вольтажного индекса 15,5 мм позволяют прогнозировать наличие ГЛЖ у мужчин и осуществлять целенаправленную эхокардиографию.

Ключевые слова: *гипертрофия левого желудочка, корнельский вольтажный индекс, RaVL.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Байдина А.С. — https://orcid.org/0000-0003-3131-5868
Носов А.Е. — https://orcid.org/0000-0002-7592-3219
Горбушина О.Ю. — https://orcid.org/0000-0002-7592-3219
Устинова О.Ю. — https://orcid.org/0000-0002-9916-5491
Автор, ответственный за переписку: Байдина А.С. — e-mail: anastasia_baidina@mail.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Байдина А.С., Носов А.Е., Горбушина О.Ю., Устинова О.Ю. Совершенствование диагностического поиска по оценке гипертрофии левого желудочка у мужчин при скрининговых исследованиях. *Профилактическая медицина*. 2022;25(5):67–72.
https://doi.org/10.17116/profmed20222505167

Improving the diagnostic search for the assessment of left ventricular hypertrophy in men during screening studies

© A.S. BAIDINA[1], A.E. NOSOV[1], O.YU. GORBUSHINA[1], O.YU. USTINOVA[1, 2]

[1]Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russia;
[2]Perm State National Research University, Ministry of Education and Science of Russia, Perm, Russia

ABSTRACT

Purpose of the study. To develop additional sensitive and specific electrocardiographic (ECG) criteria for the early diagnosis of left ventricular hypertrophy (LVH).

Material and methods. The observation group consisted of 184 male patients (mean age 53.0±7.5 years). Echocardiography (ECHO-KG) was performed using a Vivid q device (GE Vingmed Ultrasound AS, Norway) to determine LVH, ECG in 12 standard leads using a CARDIOVIT AT-10 electrocardiograph (Schiller FG, Switzerland) to assess LVH indices. Statistical data processing and ROC analysis were performed.

Results. In the examined cohort, according to ECG data, LVH was registered only in 7.1% of patients, according to transthoracic echocardiography — in 45.6% of patients. Good predictive power for LVH diagnosis is shown for Cornell voltage index (AUC=0.744), average for *R*aVL (AUC=0.679). According to the ROC analysis matrix, the RaVL cut-off value for LVH is 4.5 mm with a sensitivity of 71% and a specificity of 56%; for the Cornell voltage index, this value is 15.5 mm with a sensitivity of 74% and a specificity of 57%. When assessing the cut-off point (cut-off) of the left ventricular myocardial mass index (LVMMI)

by growth to the power of 2.7 in relation to predictive belonging to the LVH group according to the two-factor logistic regression model, the value of AUC=0.704 (p=0) was obtained using the ROC-analysis method..0001) and LVMMI cutoff points with a sensitivity of 68% and a specificity of 72% equal to 50 g/m$^{2.7}$.

Conclusion. The established cut-off points for left ventricular hypertrophy in men for RaVL 4.5 mm and Cornell voltage index 15.5 mm make it possible to predict the presence of left ventricular hypertrophy in men and to carry out targeted echocardiography.

Keywords: *left ventricular hypertrophy, Cornell voltage index, RaVL.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Baidina A.S. — https://orcid.org/0000-0003-3131-5868
Nosov A.E. — https://orcid.org/0000-0002-7592-3219
Gorbushina O.Yu. — https://orcid.org/0000-0002-7592-3219
Ustinova O.Yu. — https://orcid.org/0000-0002-9916-5491
Corresponding author: Baidina A.S. — e-mail: anastasia_baidina@mail.ru

TO CITE THIS ARTICLE:
Baidina AS, Nosov AE, Gorbushina OYu, Ustinova OYu. Improving the diagnostic search for the assessment of left ventricular hypertrophy in men during screening studies. *The Russian Journal of Preventive medicine.* 2022;25(5):67–72. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/profmed20222505167

Введение

Гипертрофия левого желудочка (ГЛЖ) определяется у 16—19% населения, у 8,1% взрослых с артериальной гипертензией (АГ), чаще встречается у мужчин [1, 2]. Распространенность ГЛЖ в общей популяции по данным электрокардиографии (ЭКГ) составляет 3—10%, а по данным эхокардиографии (ЭХО-КГ) — 15—20% [3].

Своевременная диагностика ГЛЖ имеет не только клинический, но и трудовой прогноз, так как увеличение левого желудочка является неблагоприятным предиктором сердечно-сосудистых катастроф [3].

На раннем этапе ГЛЖ характеризуется увеличением размеров кардиомиоцитов, числа митохондрий, миофибрилл, и на этой стадии возможен обратный процесс. При прогрессировании ГЛЖ клетки миокарда погибают и замещаются соединительной тканью, соответственно выраженный регресс на этом этапе уже невозможен [4]. Диагностика ГЛЖ и своевременное лечение улучшают прогноз у пациентов и снижают риск кардиальных осложнений в 4 раза [5, 6].

Самым доступным методом диагностики ГЛЖ в практическом здравоохранении является стандартная 12-канальная ЭКГ. Этот метод исследования широко используется не только на догоспитальном этапе у пациентов, но и при скрининге сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) у здоровых людей. Однако однозначно диагностировать ГЛЖ, особенно на ранних этапах ее развития, не представляется возможным и требуется верификация диагноза данными ЭХО-КГ. Реже всего диагностику ГЛЖ проводят с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ). Для преодоления существующих ограничений стандартной ЭКГ в диагностике ГЛЖ необходима разработка дополнительных критериев, применяемых в анализе данных.

Цель исследования — разработать дополнительные чувствительные и специфичные ЭКГ-критерии для ранней диагностики ГЛЖ.

Материал и методы

Группу наблюдения составили 184 пациента мужского пола (средний возраст 53,0±7,5 года). У 66 (35,9%) человек диагностирована АГ, у 14 (7,6%) — АГ, осложненная нарушением мозгового кровообращения, у 6 (3,3%) — ишемическая болезнь сердца (ИБС), у 18 (9,8%) — АГ в сочетании с сахарным диабетом 2-го типа (СД2 типа), у 37 (20,1%) — АГ в сочетании с ИБС, у 4 (2,2%) — гипертрофическая кардиомиопатия, у 4 (2,2%) — пороки сердца, у 2 (1,1%) — СД2 типа. Не было ССЗ у 33 (17,9%) пациентов. У 152 (82,6%) пациентов выявлена избыточная масса тела либо определено ожирение, у 32 (17,4%) индекс массы тела соответствовал норме.

В исследование не включены пациенты, перенесшие инфаркт миокарда, больные с хронической сердечной недостаточностью III—IV функционального класса, а также пациенты с фибрилляцией предсердий.

ЭХО-КГ проведена на аппарате экспертного класса Vivid q (GE Vingmed Ultrasound AS, Норвегия) с использованием секторного фазированного датчика (1,5—3,5 МГц) по стандартной методике. Массу миокарда левого желудочка (ММЛЖ) определяли по формуле американского эхокардиографического общества (ASE):

$$ММЛЖ=0,8\times(1,04\times[(КДР+ТЗСд+ТМЖПд)^3-(КДР)^3])+0,6 \text{ г}, \quad (1)$$

где *КДР* — конечный диастолический размер, см; *ТЗСд* — толщина задней стенки левого желудочка в диастоле, см; *ТМЖПд* — толщина межжелудочковой перегородки в диастоле, см.

ММЛЖ у пациентов с гипертрофической кардиомиопатией не рассчитывали.

Индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ) у пациентов с избыточной массой тела и ожирением определяли по формуле:

$$ММЛЖ/рост^{2,7} \text{ (г/м}^{2,7}), \quad (2)$$

Наличие ГЛЖ у пациентов с избыточной массой тела устанавливали при значении индекса более 50 г/м^{2,7}. У пациентов с нормальной массой тела ИММЛЖ рассчитывали по формуле:

$$ММЛЖ/ППТ \text{ (г/м}^2), \quad (3)$$

где *ППТ* — площадь поверхности тела.

За ГЛЖ принимали значение ИММЛЖ более 115 г/м^2 [7].

ЭКГ в 12 стандартных отведениях выполняли с использованием электрокардиографа CARDIOVIT AT-10 (Schiller FG, Швейцария). Рассчитывали ЭКГ-индексы ГЛЖ, рекомендованные к использованию в рамках актуальных клинических рекомендаций по АГ [7]:

— индекс Соколова—Лайона: SV_1+RV_5 или RV_6 (норма менее 35 мм);

— *R*aVL (норма менее 11 мм);

— корнельский вольтажный индекс: *R*aVL+SV_3 (норма менее 28 мм);

— корнельское произведение: (*R*aVL+SV_3) × *QRS* (норма менее 2440 мм × мс).

Статистическую обработку проводили с помощью программы SPSS 22. Выполняли построение моделей однофакторной и многофакторной логистической регрессии (методом Forward LR), описываемой формулой:

$$p = \frac{1}{1+e^{-(b_0+b_1x)}}, \quad (4)$$

где p — вероятность наличия у пациента ГЛЖ; e — основание натурального логарифма; x — независимый фактор; b_0, b_1, b_i — коэффициенты многофакторной математической модели.

В модель включены ЭКГ-критерии ГЛЖ. Порогом отсечения при бинарной классификации (ГЛЖ есть/ГЛЖ нет) для модели считали вероятность 0,5.

Выполнено построение ROC-кривой (receiver operating characteristic — ROC) для каждого тестируемого фактора, а также для массива прогнозной вероятности, определенной с помощью многофакторной логистической модели, с целью оценки качества бинарной классификации. Определяли площадь под ROC-кривой (area under the curve — AUC). Качество модели по AUC оценивали следующим образом: 0,9—1,0 — отличное; 0,8—0,9 — очень хорошее; 0,7—0,8 — хорошее; 0,6—0,7 — среднее; 0,5—0,6 — неудовлетворительное.

При использовании статистических процедур статистически значимым уровнем считали $p<0,05$.

Настоящее исследование выполнено в соответствии с правилами ICHGCP, с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации (редакция 2008 г.), Национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ-Р 52379—2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP). Программа исследования одобрена этическим комитетом ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (протокол №105 от 17.06.19). Все пациенты информированы о цели проведения исследования, получено информированное добровольное согласие исследуемых.

Результаты

В обследованной когорте на основании данных ЭКГ ГЛЖ зарегистрирована только у 13 (7,1%) пациентов, в то время как на основании данных трансторакальной ЭХО-КГ — у 84 (45,6%) пациентов.

Параметры однофакторных логистических регрессионных моделей с ЭКГ-критериями ГЛЖ в качестве независимых переменных и наличием или отсутствием ГЛЖ по данным трансторакальной ЭХО-КГ представлены в **табл. 1**. Все анализируемые ЭКГ-критерии ГЛЖ показали статистически значимое влияние на вероятность наличия ГЛЖ по данным ЭХО-КГ, и при этом наибольшее повышение уровня правильной классификации показали *R*aVL (54,3—64,1%) и корнельский вольтажный индекс (54,3—65,8%). Данные индексы показали и наибольшее снижение значения —2Log likelihood: 253,7—235,3 и 253,7—217,2 соответственно. Следует отметить, что R^2 Найджелкерка для исследованных показателей составил 0,04—0,24, в то время как проверка согласия Хосмера—Лемешева показала значимость более 0,05 только для трех ЭКГ-критериев: *R*aVL, индекса Соколова—Лайона и корнельского вольтажного индекса. В случае корнельского произведения проверка согласия Хосмера—Лемешева показала значимость 0,022; это означает, что данная модель недостаточно хорошо описывает фактические данные.

Включение ЭКГ-критериев в многофакторную логистическую регрессионную модель (метод Forward LR) позволило получить уравнение с двумя статистически значимыми независимыми переменными **(табл. 2)**. В модель включены *R*aVL и корнельский вольтажный индекс, в то время как корнельское произведение и индекс Соколова—Лайона из модели исключены. Доля правильной классификации в целом для многофакторной модели составила 70,1%, а коэффициент R^2 Найджелкерка — 0,27. Критерий Хосмера—Лемешева, равный 0,22, позволяет говорить о том, что полученная модель хорошо описывает фактические данные.

Уравнение двухфакторной логистической регрессии вероятности наличия ГЛЖ на основании значения *R*aVL и корнельского вольтажного индекса выглядит следующим образом:

$$p = 1/1+e^{-(-3,74+0,14\times RaVL+0,18\times \text{корнельский вольтажный индекс})}.$$

ROC-анализ для индексов *R*aVL и корнельского вольтажного индекса, а также предсказанной вероятности на основе многофакторной логистической модели и ГЛЖ, по данным трансторакальной ЭХО-КГ, представлен в **табл. 3** и на **рис. 1**.

Согласно полученным данным, хорошая прогностическая способность в отношении диагностики ГЛЖ показана для корнельского вольтажного индекса (AUC=0,744), средняя — для *R*aVL (AUC=0,679). Включение в логистическую модель обоих критериев позволило получить

Таблица 1. **Параметры однофакторных логистических регрессионных моделей**
Table 1. **Parameters of one-way logistic regression models**

Ковариат	Изменение доли правильной классификации от шага 0 к шагу 1,%	Изменение —2Log likelihood от шага 0 к шагу 1	Константа	B	Exp (B)	*p*	R^2 Найджелкерка	Проверка согласия Хосмера—Лемешева
*R*aVL	54,3—64,1	253,7—235,3	–1,45	0,24	1,27	0,0001	0,13	0,64
Индекс Соколова—Лайона	54,3—57,6	253,7—248,1	–1,35	0,048	1,05	0,023	0,04	0,39
Корнельский вольтажный индекс	54,3—65,8	253,7—217,2	–3,37	0,20	1,22	0,0001	0,24	0,52
Корнельское произведение	54,3—63,6	253,7—221,0	–2,94	0,002	1,002	0,0001	0,22	0,022

Таблица 2. **Параметры многофакторной логистической регрессионной модели**

Table 2. **Parameters of the multivariate logistic regression model**

Ковариат	Изменение доли правильной классификации от шага 0 к шагу 1,%	Изменение —2Log likelihood от шага 0 к шагу 1	Константа	B	Exp (B)	*p*	R^2 Найджелкерка	Проверка согласия Хосмера—Лемешева
*R*aVL	54,3—70,1	253,7—212,9	−3,74	0,14	1,15	0,042	0,27	0,22
Корнельский вольтажный индекс			—	0,18	1,19	0,0001		

Таблица 3. **Результаты ROC-анализа параметров регрессионной модели**

Table 3. **Results of the ROC analysis of the parameters of the regression model**

Переменная результата проверки	Площадь под кривой (AUC)	Стандартная ошибка*	*p***	Асимптотический 95% доверительный интервал	
				нижняя граница	верхняя граница
*R*aVL	0,679	0,040	0,0001	0,601	0,756
Корнельский вольтажный индекс	0,744	0,036	0,0001	0,674	0,814
Предсказанная вероятность	0,764	0,034	0,0001	0,696	0,831

Примечание. * — в соответствии с непараметрическим предположением; ** — нулевая гипотеза: = действительная площадь =0,5.
Note. * — in accordance with the nonparametric assumption; ** — null hypothesis: = actual area = 0.5.

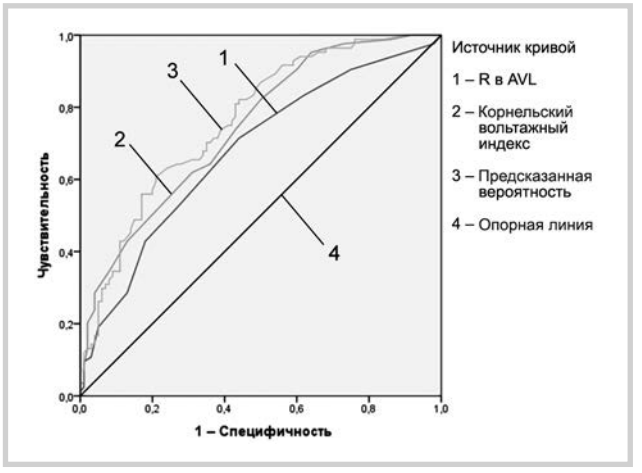

Рис. 1. **ROC-кривые для индексов *R*aVL, корнельского вольтажного индекса, предсказанной вероятности на основе многофакторной логистической модели и гипертрофии левого желудочка по данным трансторакальной эхокардиографии.**

Fig. 1. **ROC curves for *R*aVL indices, Cornell voltage index, predicted probability based on multivariate logistic model, and left ventricular hypertrophy according to transthoracic echocardiography.**

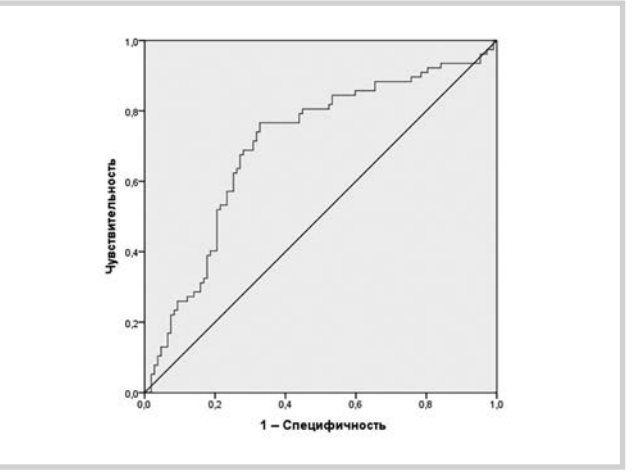

Рис. 2. **ROC-кривая для индекса массы миокарда левого желудочка и предсказанной принадлежности к группе гипертрофии левого желудочка на основании двухфакторной логистической регрессионной модели.**

Fig. 2. **ROC curve for left ventricular myocardial mass index and predicted membership in the left ventricular hypertrophy group based on a two-way logistic regression model.**

AUC=0,764, что характеризует хорошее качество двухфакторной модели.

Согласно матрице ROC-анализа, значение точки отреза (cut-off) для *R*aVL в отношении ГЛЖ составляет 4,5 мм с чувствительностью 71% и специфичностью 56% (для рекомендованного значения менее 11 мм расчетная чувствительность составила только 10% при 99% специфичности); для корнельского вольтажного индекса таковая составляет 15,5 мм с чувствительностью 74% и специфичностью 57% (для рекомендованного значения менее 28 мм расчетная чувствительность составила только 6% при 99% специфичности).

Следующим этапом работы была оценка методом ROC-анализа точки отреза (cut-off) ИММЛЖ по росту в степени 2,7 в отношении прогнозной принадлежности к группе ГЛЖ по данным двухфакторной логистической регрессионной модели. Результаты представлены на **рис. 2**. Получено значение AUC=0,704 (p=0,0001) и точки отреза ИММЛЖ с чувствительностью 68% и специфичностью 72%, равной 50 г/м^{2,7}.

Обсуждение

Разработка высокочувствительных и специфичных критериев ранней диагностики ГЛЖ является актуальной задачей в связи с тем, что ГЛЖ служит ключевым признаком поражения сердца при различных заболеваниях. В настоящее время для диагностики ГЛЖ используют ЭКГ, ЭХО-КГ, МРТ, имеющие свои достоинства и недостатки [8].

Для диагностики ГЛЖ в практическом здравоохранении нашли широкое применение ЭКГ-критерии. Выделяют традиционные вольтажные ЭКГ-критерии ГЛЖ с чув-

ствительностью 6,2—53,1% и специфичностью 82—100% и авторские критерии, например, критерии Romhilt—Estes с чувствительностью 62% и специфичностью 97% [9—11]. В руководстве Г.С. Вагнера выделяют множество авторских ЭКГ-критериев ГЛЖ [12]. Однако, как правило, это трудоемкие методики расчета, чаще используемые в научных клинических исследованиях. Рекомендованные для практического использования ЭКГ-критерии ГЛЖ [7] показывают высокую специфичность (71—100%), но имеют низкую чувствительность (0—37,5%). Помимо хорошо изученных ограничений ЭКГ диагностики ГЛЖ, существуют малоизученные — возрастные, половые, конституциональные, расовые факторы [13—15]. ЭКГ -диагностика позволяет выявить выраженную ГЛЖ, в то время как диагностика ранних стадий ГЛЖ представляет трудности [16, 17]. В настоящее время идеальный ЭКГ-критерий диагностики ГЛЖ не найден. В клинике завершающим этапом поиска ГЛЖ является ЭХО-КГ. Одной из задач скринингового ЭКГ-исследования является решение вопроса о необходимости продолжения диагностического поиска, в том числе направления на ЭХО-КГ. Не всегда пациент с неизмененной ЭКГ проходит исследование на ЭХО-КГ. ЭХО-КГ является более точным методом оценки ГЛЖ и хорошо коррелирует с данными МРТ — золотым стандартом прижизненной диагностики ГЛЖ [18, 19].

При АГ на ультразвуковом исследовании ГЛЖ удается выявить у 20—80% пациентов и у 50% взрослых лиц в общей популяции [3]. ЭХО-КГ позволяет выявить не только наличие ГЛЖ, но и определить степень выраженности и морфологический тип увеличения левого желудочка [20]. ЭХО-КГ-критерии ГЛЖ являются лучшим долгосрочным предиктором сердечно-сосудистого прогноза, чем ЭКГ-критерии ГЛЖ [21].

M.Y. van der Ende и соавт. в своем исследовании определили специфическую для пола чувствительность ЭКГ-критериев ГЛЖ и разработали новые критерии, используя МРТ. В исследуемой когорте (n=2724) разработаны ЭКГ-критерии ГЛЖ, зависящие от пола, путем исследования всех возможных сумм амплитуд *QRS* во всех 12 отведениях и выбора суммы с наибольшим псевдо-*R2* и площадью под кривой для выявления ГЛЖ. Разработанный критерий Гронингена для женщин превзошел все ЭКГ-критерии ГЛЖ с чувствительностью 42%. У мужчин данный критерий был столь же чувствителен (44%). Предложенные критерии Гронингена, специфичные для пола, повысили чувствительность к выявлению ГЛЖ, особенно у женщин [15].

F. De la Garza-Salazar и соавт. выдвинули гипотезу о том, что алгоритм машинного вычисления может оптимизировать ЭКГ при прогнозировании ГЛЖ с помощью ЭХО-КГ, а также установить фенотипы ЭКГ-критериев ГЛЖ. В ходе исследования использована ЭХО-КГ в качестве стандартного диагностического инструмента для выявления ГЛЖ. Авторы включили 432 пациента (мощность 99%), из которых у 202 (46,7%) пациентов имелись ЭХО-КГ-критерии ГЛЖ, при этом 240 (55,6%) из 432 —мужчины. Данные разделены на обучающий/тестовый набор (80%/20%). Авторы применили логистический регрессионный анализ к измерениям ЭКГ. Модель логистической регрессии с наилучшей способностью идентифицировать ЭХО-КГ-критерии ГЛЖ исследователями включена в вычислительный алгоритм. Определено, что машинный алгоритм превзошел точность текущих критериев ЭКГ при обнаружении ЭХО-КГ-критериев ГЛЖ. Полученные новые критерии основаны на измерениях ЭКГ, которые идентифицируют пациентов с высоким риском развития ГЛЖ [22].

О.А. Комарова и соавт. в своей работе по оценке информативности критериев ГЛЖ у пациентов с АГ установили, что критерии Корнельского университета, а также отдельные показатели критериев Соколова—Лайона (*R*aVL и *R*1+*S*3) являются диагностически эффективными. Критерии Корнельского университета у мужчин при мягкой и умеренной АГ показали чувствительность 38%, специфичность — 92%, индекс Соколова—Лайона — чувствительность 45%, специфичность — 37%. Данные критерии рекомендованы для использования в практике при диспансеризации населения с АГ [23].

ЭКГ-критерии ГЛЖ и ЭХО-КГ-критерии ГЛЖ характеризуются различными диагностическими и прогностическими возможностями. Учитывая соотношение затрат, выгод и трудоемкость ЭХО-КГ, по-прежнему можно считать обоснованным использование ЭКГ в практическом здравоохранении, но требуется дальнейшая верификация ЭКГ-критериев ГЛЖ.

Результаты проведенного нами исследования показали, что ЭКГ-критерии ГЛЖ позволяют статистически значимо прогнозировать наличие ГЛЖ у мужчин по данным ЭХО-КГ. В то же время диагностическая значимость данных критериев неодинакова и варьирует от хорошей (корнельский вольтажный индекс) до средней (*R*aVL). Точка отреза (cut-off) для *R*aVL в отношении ГЛЖ составляет 4,5 мм с чувствительностью 71% и специфичностью 56%, а для корнельского вольтажного индекса — 15,5 мм с чувствительностью 74% и специфичностью 57%. Включение ЭКГ-критериев в многофакторную логистическую регрессионную модель позволило установить независимое статистически значимое влияние *R*aVL и корнельского вольтажного индекса на вероятность диагностики ГЛЖ у мужчин по данным ЭХО-КГ. Предложенная логистическая регрессионная модель позволяет с чувствительностью 68% и специфичностью 72% прогнозировать у мужчин ИММЛЖ более 50 г/м^{2,7}.

Выводы

1. Стандартные электрокардиографические критерии гипертрофии левого желудочка у мужчин не обладают высокой чувствительностью и специфичностью в отношении диагностики гипертрофии левого желудочка.

2. Установленные значения точек отреза (cut-off) в отношении гипертрофии левого желудочка у мужчин для *R*aVL 4,5 мм и корнельского вольтажного индекса 15,5 мм позволяют с чувствительностью 71—74% и специфичностью 56—57% прогнозировать наличие гипертрофии левого желудочка у мужчин и осуществлять целенаправленную эхокардиографию.

3. Предложенная двухфакторная регрессионная модель характеризуется хорошей прогностической способностью и позволяет с чувствительностью 68% и специфичностью 72% прогнозировать у мужчин индекс массы миокарда левого желудочка более 50 г/м^{2,7}.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования — О.Ю. Устинова, А.Е. Носов; сбор и обработка материала — А.С. Байдина; статистический анализ данных — А.С. Байдина, А.Е. Носов; написание текста — А.С. Байдина, О.Ю. Горбушина; редактирование — О.Ю. Устинова, А.Е. Носов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflict of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENSES

1. Oikarinen L, Karvonen M, Viitasalo M, Takala P, Kaartinen M, Rossinen J, Tierala I, Hänninen H, Katila T, Nieminen MS, Toivonen L. Electrocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy with time-voltage QRS and QRST-wave areas. *Journal of Human Hypertension*. 2004;18(1):33-40. https://doi.org/10.1038/sj.jhh.1001631
2. Wang Z, Zhang C, Bao H, Huang X, Fan F, Zhao Y, Li J, Chen J, Hong K, Li P, Wu Y, Wu Q, Wang B, Xu X, Li Y, Huo Y, Cheng X. Value of electrocardiographic left ventricular hypertrophy as a predictor of poor blood pressure control: Evidence from the China stroke primary prevention trial. *Medicine*. 2018;97(44):e12966. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000012966
3. Levy D, Garrison RJ, Savage DD, Kannel WB, Castelli WP. Prognostic implications of echocardiographically determined left ventricular mass in the Framingham Heart Study. *The New England Journal of Medicine*. 1990; 322(22):1561-1566. https://doi.org/10.1056/NEJM199005313222203
4. Яковенко Е.И. ЭКГ-диагностика гипертрофии левого желудочка. *Российский кардиологический журнал*. 2009;79(5):79-83. Yakovenko EI. ECG diagnostics of left ventricular hypertrophy. *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal*. 2009;79(5):79-83. (In Russ.).
5. Levy D. Left ventricular hypertrophy. Epidemiological insights from the Framingham Heart Study. *Drugs*. 1988;56(5):1-5. https://doi.org/10.2165/00003495-198800355-00002
6. Sundström J, Lind L, Arnlöv J, Zethelius B, Andrén B, Lithell HO. Echocardiographic and elecltrocardiographic diagnoses of left ventricular hypertrophy predict mortality independently of each other in a population of elderly men. *Circulation*. 2001;103(19):2346-2351. https://doi.org/10.1161/01.cir.103.19.2346
7. Чазова И.Е., Жернакова Ю.В. от имени экспертов. Клинические рекомендации. Диагностика и лечение артериальной гипертонии. *Системные гипертензии*. 2019;16(1):6-31. Chazova IE, Zhernakova YuV on behalf of the experts. Clinical guidelines. Diagnosis and treatment of arterial hypertension. *Sistemnye gipertenzii*. 2019;16(1):6-31. (In Russ.). https://doi.org/10.26442/2075082X.2019.1.190179
8. Peguero JG, Lo Presti S, Perez J, Issa O, Brenes JC, Tolentino A. Electrocardiographic Criteria for the Diagnosis of Left Ventricular Hypertrophy. *Journal of the American College of Cardiology*. 2017;69(13):1694-1703. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.01.037
9. Dahlöf B, Devereux RB, Kjeldsen SE, Julius S, Beevers G, de Faire U, Fyhrquist F, Ibsen H, Kristiansson K, Lederballe-Pedersen O, Lindholm LH, Nieminen MS, Omvik P, Oparil S, Wedel H; LIFE Study Group. Cardiovascular morbidity and mortality in the Losartan Intervention for Endpoint reduction in hypertension study (LIFE): a randomised trial against atenolol. *Lancet*. 2002;359(9311):995-1003. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)08089-3
10. Задорожная М.П., Разумов В.В. Многочисленность критериев гипертрофии миокарда левого желудочка как проблема артериальной гипертонии. *Журнал здоровье и образование в XXI веке*. 2016;18(2):17-24. Zadorozhnaya MP, Razumov VV. Multi-criteria of left ventricular hypertrophy as a problem of arterial hypertension. *Zhurnal zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*. 2016;18(2):17-24. (In Russ.).
11. Ricciardi D, Vetta G, Nenna A, Picarelli F, Creta A, Segreti A, Cavallaro C, Carpenito M, Gioia F, Di Belardino N, Lusini M, Chello M, Calabrese V, Grigioni F. Current diagnostic ECG criteria for left ventricular hypertrophy: is it time to change paradigm in the analysis of data? *Journal of Cardiovascular Medicine*. 2020;21(2):128-133. https://doi.org/10.2459/JCM.0000000000000907
12. Вагнер Г.С. *Практическая электрокардиография Марриотта*. Пер. с англ. 2-е издание. СПб.: Диалект, М.: БИНОМ; 2010. Wagner GS. *Prakticheskaya elektrokardiografiya Marriotta*. Per. s angl. 2-e izdanie. SPb.: Dialekt, M.: BINOM; 2010. (In Russ.).
13. Копылов Ф.Ю., Иванов Г.Г., Дворников В.Е., Пивченко Н.А., Шумилова К.М. Гипертрофия левого желудочка: патогенез, диагностика и прогноз. *Вестник Российского университета дружбы народов*. 2002; 3:106-130. Kopilov FJu, Ivanov GG, Dvornikov VE, Pivchenko NA, Shumilova KM. Left ventricular hypertrophy: pathogenesis, diagnosis and prognosis (review of literature). *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov*. 2002;3:106-130. (In Russ.).
14. Petersen SS, Pedersen LR, Pareek M, Nielsen ML, Diederichsen SZ, Leósdóttir M, Nilsson PM, Diederichsen AC, Olsen MH. Factors associated with diagnostic discrepancy for left ventricular hypertrophy between electrocardiography and echocardiography. *Blood Pressure*. 2017;26(1):54-63. https://doi.org/10.1080/08037051.2016.1235959
15. van der Ende MY, Hendriks T, van de Vegte Y, Lipsic E, Snieder H, van der Harst P. The Groningen electrocardiographic criteria for left ventricular hypertrophy: a sex-specific analysis. *Scientific Reports*. 2021;11(1):6662. https://doi.org/10.1038/s41598-021-83137-9
16. Zhang W, Zhou Y, Bai B, Yu S, Xiong J, Chi C, Teliewubai J, Li J, Blacher J, Zhang Y, Xu Y. Consistency of left ventricular hypertrophy diagnosed by electrocardiography and echocardiography: the Northern Shanghai Study. *Clinical Interventions in Aging*. 2019;14:549-556. https://doi.org/10.2147/CIA.S180723
17. Devereux RB, Reichek N. Echocardiographic determination of left ventricular mass in man: Anatomic validation of the method. *Circulation*. 1977; 55(4):613-618. https://doi.org/10.1161/01.CIR.55.4.613
18. Богомолов С.Н., Куликов А.Н., Тихонова Ю.А., Солнцев В.Н., Рыбакова М.Г., Гудкова А.Я. Кучмин А.Н. Прижизненная и посмертная диагностика гипертрофии миокарда левого желудочка: тождественность или условность? *Терапевтический архив*. 2018;90(9):73-80. Bogomolov SN, Kulikov AN, ikhonova JA, Solntsev VN, Rybakova MG, Gudkova AY, Kuchmin AN. Intravital and postmortem diagnostics of myocardial hypertrophy of the left ventricle:identity or convention? *Terapevticheskij arhiv*. 2018;90(9):73-80. (In Russ.). https://doi.org/10.26442/terarkh201890973-80
19. Mavrogeni S, Katsi V, Vartela V, Noutsias M, Markousis-Mavrogenis G, Kolovou G, Manolis A. The emerging role of Cardiovascular Magnetic Resonance in the evaluation of hypertensive heart disease. *BMC Cardiovascular Disorders*. 2017;17(1):132. https://doi.org/10.1186/s12872-017-0556-8
20. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, Flachskampf FA, Foster E, Goldstein SA, Kuznetsova T, Lancellotti P, Muraru D, Picard MH, Rietzschel ER, Rudski L, Spencer KT, Tsang W, Voigt JU. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015;28(1):1-33. https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003
21. Pedersen LR, Kristensen AMD, Petersen SS, Vaduganathan M, Bhatt DL, Juel J, Byrne C, Leósdóttir M, Olsen MH, Pareek M. Prognostic implications of left ventricular hypertrophy diagnosed on electrocardiogram vs echocardiography. *Journal of Clinical Hypertension*. 2020;22(9):1647-1658. https://doi.org/10.1111/jch.13991
22. De la Garza-Salazar F, Romero-Ibarguengoitia ME, Rodriguez-Diaz EA, Azpiri-Lopez JR, González-Cantu A. Improvement of electrocardiographic diagnostic accuracy of left ventricular hypertrophy using a Machine Learning approach. *PLoS One*. 2020;15(5):e0232657. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232657
23. Комарова О.А, Атауллаханова Д.М., Клименко В.С., Черепенина Н.Л. Сравнительная оценка информативности критериев выявления гипертрофии миокарда левого желудочка у пациентов с артериальной гипертонией. *Российский кардиологический журнал*. 2007;12(1):32-35. Komarova OA, Ataullakhanova DM, Klimenko VS, Cherepenina NL. Comparative informative value of ECG left ventricular hypertrophy criteria in arterial hypertension patients. *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal*. 2007;12(1):32-35. (In Russ.).

Поступила 11.03.2022
Received 11.03.2022
Принята к печати 24.03.2022
Accepted 24.03.2022