

Показатели гетерогенности желудочковой реполяризации как диагностические критерии гипертрофии левого желудочка при артериальной гипертензии. Анализ variability амплитуд Т-волны и реполяризационных интегралов

А.Б. Кузнецов¹, М.Г. Глезер¹, Г.Г. Иванов², Ф.Ю. Копылов²

¹Лаборатория функциональных методов диагностики и рациональной фармакотерапии

Научно-исследовательского центра Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова,

²Отдел кардиологии Научно-исследовательского центра Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова

Резюме. Введение. Индексы variability желудочковой реполяризации увеличены у пациентов с гипертонической гипертрофией левого желудочка (ГЛЖ) и коррелируют с индексом массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ).

Цель исследования. Разработка диагностических критериев ГЛЖ, основанных на анализе показателей гетерогенности желудочковой реполяризации – индексах variability амплитуды Т-волны.

Материалы и методы. В исследование включены 69 пациентов с артериальной гипертензией и 20 пациентов без заболеваний сердечно-сосудистой системы, которые на основании эхокардиографического определения ИММЛЖ были разделены на группы с наличием и отсутствием ГЛЖ. Анализировались следующие индексы variability реполяризационных показателей: дисперсия (Дисп), нормализованная дисперсия (Дисп_{норм}) и среднеквадратичное отклонение (СКО) амплитуд Т-волны, а также общих реполяризационных интегралов (ОРИ, произведение JT_{end} -интервала и амплитуды Т-волны), ранних реполяризационных интегралов (РРИ, произведение JT_{apex} -интервала и амплитуды Т-волны) и поздних реполяризационных интегралов (ПРИ, произведение $T_{\text{apex}} - T_{\text{end}}$ -интервала и амплитуды Т-волны) ЭКГ-12 и $V_1 - V_6$.

Результаты. У мужчин с ГЛЖ в сравнении с пациентами с нормальным ИММЛЖ при анализе отведений $V_1 - V_6$ были увеличены показатели variability амплитуд Т-волны и показатели variability реполяризационных интегралов (дисперсии, нормализованной дисперсии и среднеквадратичного отклонения), которые коррелировали с ИММЛЖ. При регрессионном анализе ИММЛЖ был независимым предиктором дисперсии амплитуд Т-волны и показателей variability дисперсии и нормализованной дисперсии ОРИ, относительная толщина стенок левого желудочка – независимым предиктором нормализованной дисперсии и среднеквадратичного отклонения амплитуд Т-волны, а также среднеквадратичного отклонения ОРИ и показателей variability РРИ. Лучшие диагностические характеристики продемонстрировали СКО $T_{\text{amp}} \geq 37$ мс (чувствительность 39%, специфичность 91%, положительная предсказательная значимость 86%, отрицательная предсказательная значимость 51%) и нормализованная дисперсия $\text{ОРИ} \geq 300$ мВ × мс (чувствительность 45%, специфичность 91%, положительная предсказательная значимость 88%, отрицательная предсказательная значимость 54%). Эти характеристики были сопоставимы с таковыми для критериев Корнелли, но уступали критериям Соколова-Лайона в чувствительности.

У женщин с ГЛЖ в сравнении с пациентками с нормальным ИММЛЖ не выявлено различий показателей variability амплитуд Т-волны и реполяризационных интегралов. Корреляция ИММЛЖ и показателей variability амплитуд Т-волны, реполяризационных интегралов была недостаточной.

Выводы. Показатели амплитудной гетерогенности желудочковой реполяризации и variability реполяризационных интегралов могут применяться в качестве самостоятельных критериев ГЛЖ у мужчин с артериальной гипертензией.

Ключевые слова: индекс variability желудочковой реполяризации, гипертрофия левого желудочка, артериальная гипертензия.

The indices of ventricular repolarization heterogeneity may be used as diagnostic criteria for left ventricular hypertrophy in patients with arterial hypertension. Analyzing the variability of T-wave amplitudes and repolarization integrals

A.B. Kuznetsov, M.G. Glezer, G.G. Ivanov, F.Yu. Kopylov

Summary. Background. The values of ventricular repolarization variability are higher in patients with hypertensive left ventricular hypertrophy (LVH) and they correlate with the left ventricular myocardial mass index (LVMMI).

Objective. To develop diagnostic criteria for LVH, which are based on the analysis of the values of ventricular repolarization heterogeneity, the indices of the variability of a T-wave amplitude.

Subjects and methods. The study included 69 patients with arterial hypertension and 20 patients without cardiovascular diseases who were divided, on the basis of echocardiographic determination of LVMMI into groups with or without LVH. The pair of the variability of repolarization parameters were analyzed. These included dispersion (Disp), normalized dispersion (Disp_{norm}), root mean square deviation (RMSD) of T-wave amplitude, as well as total repolarization integrals (TRI, a product of the JT_{end} interval, and the T-wave amplitude), early repolarization integrals (ERI, a product of the JT_{apex} interval, and the T-wave amplitude), late repolarization integrals (LRI, a product of the $T_{\text{apex}} - T_{\text{end}}$ interval, and the T-wave amplitude) of ECG leads 12 and $V_1 - V_6$.

Results. An analysis of $V_1 - V_6$ leads has indicated that as compared to male patients with normal LVMMI, the males with LVH had higher values of T-wave amplitude variability and increased values of the variability of total and early repolarization integrals (of Disp, Disp_{norm} and RMSD), which correlated with LVMMI. A regression analysis has shown that LVMMI was an independent predictor of the dispersion of T-wave amplitudes and that of the variability of Disp, Disp_{norm}, of TRI, the relative thickness of the walls of the left ventricle is an independent predictor of Disp_{norm} and RMSD of T-wave amplitudes, as well as RMSD of TRI and ERI variability. The best diagnostic characteristics were demonstrated by RMSD of T_{amp} of ≥ 37 ms (39% sensitivity, 91% specificity, 86% positive predictive value, and 51% negative predictive value) and Disp_{norm} of TRI of ≥ 300 mV × msec (45% sensitivity, 91% specificity, 88% positive predictive value, and 54% negative predictive value). These characteristics were comparable with those for the Cornell criteria, but they were less than those for the Sokolov-Lyons criteria in sensitivity.

In females with LVH, the values of the variability of T-wave amplitudes and repolarization integrals did not differ from those with normal LVMMI. The correlation of LVMMI and the values of the variability of T-wave amplitudes and repolarization integrals was insignificant.

Conclusion. The values of the amplitude heterogeneity of ventricular repolarization and variability of repolarization integrals may be used as independent criteria of LVH in males with arterial hypertension.

Key words: ventricular repolarization variability index, left ventricular hypertrophy, arterial hypertension.

Введение

Выявляемая с помощью электрокардиографии (ЭКГ) гипертрофия левого желудочка (ГЛЖ) является важным прогностическим маркером и основой для выбора тактики лечения пациентов с артериальной гипертензией (АГ). Основным недостатком ЭКГ является ее низкая чувствительность, что делает актуальным дальнейшую разработку критериев диагностики ГЛЖ.

Нами было показано, что временные показатели гетерогенности желудочковой реполяризации увеличены у пациентов с ГЛЖ, обусловленной АГ, и коррелируют с индексом массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ). Нами были предложены критерии ГЛЖ, основанные на временных показателях гетерогенности желудочковой реполяризации (для мужчин – Дисп JT_{end} -интервалов ≥ 71 мс и Дисп JT_{end} -интервалов ≥ 22 мс и для женщин – Дисп $T_{\text{apex}}-T_{\text{end}}$ -интервалов ≥ 61 мс).

Можно предполагать, что увеличение гетерогенности реполяризации при развитии ГЛЖ может приводить к увеличению индексов variability не только временных реполяризационных показателей, но и амплитуд Т-волны. Интегральные реполяризационные показатели, в частности, площадь Т-волны или STT-комплекса как на поверхности сердца, так и при регистрации ЭКГ в 12 отведениях (ЭКГ-12), характеризуются более тесной корреляцией со временем восстановления и продолжительностью потенциалов действия, зарегистрированных инвазивными методами [1, 2]. Variability площади Т-волны, сочетающей как амплитудные, так и временные характеристики реполяризации, по-видимому, лучше отражает ее гетерогенность при развитии ГЛЖ, чем variability только временных реполяризационных показателей или амплитуд Т-волны и может лучше выявлять ГЛЖ.

Целью настоящего исследования является попытка разработки критериев ГЛЖ, основанных на анализе показателей variability амплитуд Т-волны и реполяризационных интегралов, характеризующих площадь Т-волны.

Материалы и методы

В исследование были включены 89 пациентов (36 женщин и 53 мужчины) с АГ (артериальное давление – АД выше 140/90 мм рт. ст.) в возрасте от 30 до 75 лет, у которых была адекватная эхокардиографическая (ЭхоКГ) визуализация и количество отведений ЭКГ, в которых было возможным корректное измерение амплитуды Т-волны, QT -, JT - и $T_{\text{apex}}-T_{\text{end}}$ -интервалов ≥ 9 .

Пациентов не включали в исследование при наличии: документированного инфаркта миокарда в анамнезе; нарушений локальной кинетики левого желудочка; гипертрофии и/или дилатации правого желудочка; блокады ножек пучка Гиса; синдрома ранней реполяризации желудочков; мерцательной аритмии; клапанных пороков сердца, приема антиаритмиков III класса.

ЭКГ регистрировали на скорости 25 мм/с и стандартном усилении 1 мВ/см в 12 стандартных отведениях (Page Writer Xli-1700M, "Hewlett Paccard"). Измерения параметров ЭКГ проводил один исследователь визуально, без какой-либо информации о пациентах и результатах ЭхоКГ-исследования, с использованием оптического устройства с 10-кратным увеличением (точность измерения 0,1 мм или 4 мс и 0,1 мВ), не менее чем в 3 кардиоциклах для каждого отведения. Для анализа использовались усредненные значения.

Амплитуду зубца Т измеряли от линии P-Q(R) до точки, в которой зубец Т достигает максимальной амплитуды, положительной или отрицательной. При наличии двухфазного Т амплитуду положительного и отрицательного отклонений суммировали.

Расчет интегральных реполяризационных показателей выполняли на основании следующих предположений. Площадь ST-T-комплекса может быть аппроксимирована произведением длительности JT_{end} -интервала и амплитуды зубца Т [общий реполяризационный интеграл (ОРИ) или $JT_{\text{end}}-T$ -интеграл], площадь "раннего" зубца Т – произведением длительности JT_{apex} -интервала и

амплитуды зубца Т [ранний реполяризационный интеграл (РРИ) или $JT_{\text{apex}}-T$ -интеграл], площадь "позднего" зубца Т – произведением длительности $T_{\text{apex}}-T_{\text{end}}$ -интервала и амплитуды зубца Т [поздний реполяризационный интеграл (ПРИ) или $T_{\text{apex}}-T_{\text{end}}-T$ -интеграл].

Для расчета этих показателей производили измерения JT_{end} -, JT_{apex} - и $T_{\text{apex}}-T_{\text{end}}$ -интервалов в 12 отведениях с последующей коррекцией по формуле Базетта. При невозможности корректного измерения JT_{apex} - и $T_{\text{apex}}-T_{\text{end}}$ -интервалов в отведениях с двухфазным Т при расчете интегральных показателей их продолжительность в анализируемом отведении принималась равной среднему JT_{apex} - и $T_{\text{apex}}-T_{\text{end}}$ -интервалу, полученному при анализе остальных отведений ЭКГ. При невозможности корректного определения амплитуды Т-волны или продолжительности временных реполяризационных показателей вследствие технически низкого качества записи отведение исключали из анализа.

Анализировали следующие показатели амплитудной гетерогенности желудочковой реполяризации: 1) дисперсию (Дисп) рассчитывали как разницу между максимальным и минимальным значением амплитуд Т и значений ОРИ, РРИ и ПРИ; 2) нормализованную дисперсию (Дисп_{норм}) анализируемых показателей рассчитывали по формуле $\text{Дисп}/\sqrt{n}$, где n – количество отведений; 3) среднеквадратичное отклонение (СКО) анализируемых показателей. Показатели variability рассчитывали для ЭКГ-12 и V_1-V_6 . Кроме того, выполняли измерения амплитуды зубцов S и R для расчета наиболее популярных "вольтажных" критериев диагностики ГЛЖ – критериев Соколова-Лайона ($S_{V1}+R_{V5-6} \geq 3,5$ мВ) [3] и Корнелла ($S_{V3}+R_{AVL} \geq 2,8$ мВ для мужчин и $>2,0$ мВ для женщин) [4].

Учитывая, что ЭхоКГ-критерий ГЛЖ является специфичным для пола, анализ амплитуд Т-волны и реполяризационных интегралов для мужчин и женщин проводили раздельно.

ГЛЖ диагностировали по данным ЭхоКГ при ИММЛЖ >134 г/м² для мужчин и >110 г/м² для женщин [5–7].

По результатам проведенного обследования пациенты были разделены на три группы: 1-я – лица, не имевшие заболеваний сердечно-сосудистой системы (контроль); 2-я – пациенты с АГ без ГЛЖ (ГЛЖ-) и 3-я – пациенты с АГ и ГЛЖ (ГЛЖ+).

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) была верифицирована (положительным результатом велоэргометрического теста или стресс-ЭхоКГ) у 14 мужчин (у 3 из 10 в группе АГ без ГЛЖ и у 11 из 31 в группе АГ с ГЛЖ, $p > 0,05$, критерий χ^2) и у 13 женщин (у 2 из 6 в группе АГ без ГЛЖ и у 11 из 22 в группе АГ с ГЛЖ, $p > 0,05$, критерий χ^2). Включенные в исследование 17 пациентов получали медикаментозную терапию: 6 пациентов постоянно принимали β -адреноблокаторы, 4 пациента – ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, 7 пациентов – комбинированную терапию (β -адреноблокатор+диуретик).

Статистический анализ. Для статистического анализа использовали пакет прикладных программ "STATISTICA 6.0" (StatSoft) и "NCSS2000-PASS2000". Для анализа достоверности различий количественных показателей применяли критерий Краскелла–Уоллеса, для попарных межгрупповых сравнений – критерий Манна–Уитни с поправкой Бонферрони. Для оценки корреляции между ИММЛЖ и показателями гетерогенности желудочковой реполяризации применяли коэффициент корреляции рангов Спирмена. При регрессионном анализе использовали процедуру множественной линейной прямой пошаговой регрессии ("STATISTICA 6.0"), или метод наименьших модулей (NCSS2000-PASS2000). Для определения достоверности различий числа пациентов в подгруппах по бинарным признакам применяли точный двусторонний критерий Фишера или критерий χ^2 . Показатели чувствительности (Se), специфичности (Sp), прогностической ценности положительного результата теста (PPV) и прогностической ценности отрицательного результата теста (NPV) для индексов variability

Таблица 1. Показатели вариабельности амплитуд Т-волны и реполяризационных интегралов включенных в исследование пациентов

Показатель	Женщины (n=36)				Мужчины (n=53)			
	контроль (n=8)	АГ ГЛЖ- (n=6)	АГ ГЛЖ+ (n=22)	p*	контроль (n=12)	АГ ГЛЖ- (n=10)	АГ ГЛЖ+ (n=31)	p*
ЭКГ-12								
Дисп T _{амп.}	0,76 (0,54; 0,90)	0,60 (0,54; 0,68)	0,66 (0,58; 1,01)	0,633	0,89 (0,75; 1,14)	0,92 (0,74; 1,12)	1,01 (0,79; 1,24)	0,518
Дисп _{норм} T _{амп.}	0,22 (0,16; 0,26)	0,17 (0,15; 0,19)	0,19 (0,17; 0,30)	0,554	0,27 (0,21; 0,33)	0,27 (0,21; 0,32)	0,30 (0,23; 0,37)	0,351
СКО T _{амп.}	0,24 (0,16; 0,27)	0,20 (0,16; 0,20)	0,20 (0,17; 0,32)	0,769	0,26 (0,22; 0,32)	0,29 (0,24; 0,37)	0,34 (0,25; 0,39)	0,171
Дисп ОРИ	287 (186; 294)	211 (184; 237)	217 (202; 358)	0,782	290 (233; 376)	319 (236; 363)	309 (259; 441)	0,418
Дисп _{норм} ОРИ	81 (55; 85)	61 (53; 68)	65 (58; 109)	0,746	87 (67; 110)	92 (68; 105)	96 (76; 133)	0,320
СКО ОРИ	84 (56; 94)	67 (55; 72)	67,5 (57; 121)	0,781	85 (69; 108)	96 (82; 112)	115 (80; 132)	0,167
Дисп РРИ	200 (129; 205)	151 (136; 174)	159 (142; 228)	0,848	192 (149; 234)	233 (156; 230)	204 (177; 302)	0,428
Дисп _{норм} РРИ	59 (38; 59)	43 (39; 50)	47 (41; 71)	0,768	58 (43; 71)	64 (46; 66)	64 (53; 88)	0,380
СКО РРИ	61 (38; 65)	48 (39; 52)	47,5 (42; 80)	0,801	57 (44; 70)	65 (56; 69)	75 (57; 86)	0,124
Дисп ПРИ	80 (32; 101)	63 (44; 87)	73 (50; 109)	0,652	93 (72; 152)	103 (70; 147)	105 (86; 134)	0,702
Дисп _{норм} ПРИ	23 (9; 29)	18 (13; 26)	21 (14; 33)	0,580	27 (23; 44)	31 (21; 43)	32 (25; 40)	0,677
СКО ПРИ	24 (9; 32)	19 (13; 25)	23 (15; 41)	0,670	28 (25; 44)	37 (19; 45)	36 (27; 43)	0,464
ЭКГ V₁-V₆								
Дисп T _{амп.}	0,59 (0,38; 0,76)	0,44 (0,37; 0,49)	0,49 (0,36; 0,75)	0,738	0,55 (0,46; 0,67)	0,57 (0,46; 0,82)	0,81 (0,61; 1,00)	0,006
Дисп _{норм} T _{амп.}	0,24 (0,16; 0,31)	0,18 (0,15; 0,20)	0,21 (0,15; 0,30)	0,726	0,22 (0,19; 0,27)	0,23 (0,19; 0,33)	0,33 (0,24; 0,40)	0,015
СКО T _{амп.}	0,21 (0,14; 0,27)	0,17 (0,15; 0,18)	0,18 (0,14; 0,29)	0,765	0,23 (0,20; 0,28)	0,22 (0,17; 0,33)	0,31 (0,24; 0,45)	0,017
Дисп ОРИ	206 (130; 253)	148 (125; 166)	176 (117; 275)	0,680	168 (154; 227)	193 (154; 278)	275 (211; 333)	0,004
Дисп _{норм} ОРИ	84 (55; 103)	60 (51; 68)	75 (48; 105)	0,662	68 (63; 93)	79 (63; 114)	117 (86; 136)	0,002
СКО ОРИ	77 (50; 93)	56 (50; 61)	66 (47; 109)	0,682	74 (62; 98)	75 (55; 106)	107 (83; 142)	0,002
Дисп РРИ	146 (90; 177)	109 (84; 121)	110 (77; 162)	0,617	106 (89; 144)	112 (97; 175)	172 (128; 202)	0,014
Дисп _{норм} РРИ	60 (38; 72)	44 (34; 49)	45 (31; 70)	0,674	43 (36; 58)	45 (40; 72)	72 (52; 83)	0,015
СКО РРИ	53 (43; 66)	40 (33; 45)	43 (31; 76)	0,820	47 (37; 58)	45 (36; 71)	69 (53; 93)	0,009
Дисп ПРИ	64 (46; 70)	45 (40; 46)	58 (32; 84)	0,528	70 (61; 84)	75 (50; 103)	92 (71; 117)	0,073
Дисп _{норм} ПРИ	26 (19; 28)	18 (16; 19)	24 (14; 33)	0,491	28 (25; 34)	30 (21; 42)	39 (29; 48)	0,057
СКО ПРИ	23 (17; 25)	16915; 18)	22 (13; 31)	0,477	27 (24; 32)	30 (18; 40)	36 (30; 48)	0,046
Дисп T _{амп.}	0,59 (0,38; 0,76)	0,44 (0,37; 0,49)	0,49 (0,36; 0,75)	0,738	0,55 (0,46; 0,67)	0,57 (0,46; 0,82)	0,81 (0,61; 1,00)	0,006
Дисп _{норм} T _{амп.}	0,24 (0,16; 0,31)	0,18 (0,15; 0,20)	0,21 (0,15; 0,30)	0,726	0,22 (0,19; 0,27)	0,23 (0,19; 0,33)	0,33 (0,24; 0,40)	0,015
СКО T _{амп.}	0,21 (0,14; 0,27)	0,17 (0,15; 0,18)	0,18 (0,14; 0,29)	0,765	0,23 (0,20; 0,28)	0,22 (0,17; 0,33)	0,31 (0,24; 0,45)	0,017
Дисп ОРИ	206 (130; 253)	148 (125; 166)	176 (117; 275)	0,680	168 (154; 227)	193 (154; 278)	275 (211; 333)	0,004
Дисп _{норм} ОРИ	84 (55; 103)	60 (51; 68)	75 (48; 105)	0,662	68 (63; 93)	79 (63; 114)	117 (86; 136)	0,002
СКО ОРИ	77 (50; 93)	56 (50; 61)	66 (47; 109)	0,682	74 (62; 98)	75 (55; 106)	107 (83; 142)	0,002
Дисп РРИ	146 (90; 177)	109 (84; 121)	110 (77; 162)	0,617	106 (89; 144)	112 (97; 175)	172 (128; 202)	0,014
Дисп _{норм} РРИ	60 (38; 72)	44 (34; 49)	45 (31; 70)	0,674	43 (36; 58)	45 (40; 72)	72 (52; 83)	0,015
СКО РРИ	53 (43; 66)	40 (33; 45)	43 (31; 76)	0,820	47 (37; 58)	45 (36; 71)	69 (53; 93)	0,009
Дисп ПРИ	64 (46; 70)	45 (40; 46)	58 (32; 84)	0,528	70 (61; 84)	75 (50; 103)	92 (71; 117)	0,073
Дисп _{норм} ПРИ	26 (19; 28)	18 (16; 19)	24 (14; 33)	0,491	28 (25; 34)	30 (21; 42)	39 (29; 48)	0,057
СКО ПРИ	23 (17; 25)	16915; 18)	22 (13; 31)	0,477	27 (24; 32)	30 (18; 40)	36 (30; 48)	0,046

Примечание. Все показатели представлены в виде "медиана (нижний квартиль; верхний квартиль)". Показатели вариабельности амплитуд Т-волны представлены в мВ, реполяризационных интегралов – в мВ x мс. p* – достоверность различий для множественных межгрупповых сравнений (тест Краскела-Уоллеса, различия достоверны при p<0,05); p1-2, p1-3, p2-3 – достоверность различий между группами 1 и 2, 1 и 3, 2 и 3 соответственно (тест Манна-Уитни с коррекцией Бенферрони для попарных сравнений групп, различия статистически достоверны при p<0,017).

Таблица 2. Корреляция между индексами variability амплитуд Т-волны, реполяризационных интегралов и ИММЛЖ

Показатель	Женщины		Мужчины	
	R ¹ (n=36)	R ² (n=28)	R ¹ (n=53)	R ² (n=41)
ЭКГ-12				
Дисп Т _{амп}	0,272	0,456*	0,151	0,065
Дисп Т _{норм}	0,286	0,472*	0,193	0,104
СКО Т _{амп}	0,260	0,415*	0,256	0,112
Дисп ОРИ	0,269	0,450*	0,128	0,199
Дисп Т _{норм} ОРИ	0,270	0,453*	0,107	0,213
СКО ОРИ	0,257	0,404*	0,182	0,288*
Дисп РРИ	0,257	0,421*	0,106	0,195
Дисп Т _{норм} РРИ	0,254	0,427*	0,122	0,214
СКО РРИ	0,275	0,407*	0,240	0,329*
Дисп ПРИ	0,246	0,423*	0,002	0,096
Дисп Т _{норм} ПРИ	0,264	0,445*	0,011	0,098
СКО ПРИ	0,251	0,412*	0,082	0,163
ЭКГ V₁-V₆				
Дисп Т _{амп}	0,139	0,316	0,516#	0,411#
Дисп Т _{норм}	0,127	0,315	0,489#	0,395#
СКО Т _{амп}	0,188	0,35	0,500#	0,446#
Дисп ОРИ	0,172	0,356	0,545#	0,448#
Дисп Т _{норм} ОРИ	0,180	0,359	0,564#	0,457#
СКО ОРИ	0,213	0,367	0,562#	0,470#
Дисп РРИ	0,050	0,230	0,528#	0,462#
Дисп Т _{норм} РРИ	0,066	0,254	0,517#	0,446#
СКО РРИ	0,126	0,258	0,560#	0,478#
Дисп ПРИ	0,214	0,395*	0,377#	0,273
Дисп Т _{норм} ПРИ	0,210	0,373	0,383#	0,271
СКО ПРИ	0,241	0,414*	0,395#	0,301

Примечание. Коэффициент корреляции R¹ получен при анализе данных всех трех групп, коэффициент R² – при анализе данных пациентов с АГ (группы АГ без ГЛЖ и АГ с ГЛЖ). Достоверность коэффициентов корреляции *p<0,05, #p<0,01, &p<0,001.

амплитуды Т-волны рассчитывали по стандартным методам [8]. Сравнение диагностических характеристик тестов для выявления ГЛЖ проводили с использованием критериев МакНемара.

Результаты

По данным ЭхоКГ ИММЛЖ был сходным у женщин в контрольной группе [85 (79; 100) г/м²] и в группе АГ без ГЛЖ [92 (84; 96) г/м²] и достоверно большим у женщин с АГ и ГЛЖ [126 (118; 177) г/м²], что было обусловлено в основном различиями в величине конечнодиастолического размера левого желудочка. У мужчин аналогично ИММЛЖ был сходным в контрольной группе и у пациентов с АГ без ГЛЖ [102 (99; 116) и 114 (102; 120) г/м² соответственно] и достоверно большим у пациентов с АГ и ГЛЖ [175 (161; 217) г/м²]. Мужчины с АГ и ГЛЖ имели достоверно меньшую фракцию выброса по сравнению с мужчинами контрольной группы и группы АГ без ГЛЖ.

Как видно из данных, представленных в табл. 1, показатели variability амплитуд Т-волны и реполяризационных интегралов у женщин и мужчин не различались в контрольных группах и у пациентов с АГ без ГЛЖ и АГ с ГЛЖ при анализе ЭКГ-12. Однако у мужчин при анализе V₁-V₆-отведений показатели variability амплитуд Т-волны и variability реполяризационных интегралов в группе пациентов АГ с ГЛЖ были достоверно или погранично достоверно больше, чем в группе АГ без ГЛЖ и контрольной группе. При объединении для мужчин данных контрольной группы и группы АГ без ГЛЖ и сравнении с группой АГ с ГЛЖ эти различия становились статистически высокодостоверными: Дисп амплитуд Т-волны 0,55 (0,46; 0,77) мВ против 0,81 (0,61; 1,00) мВ (p=0,001), Дисп_{норм} амплитуд Т-волны 0,22 (0,19; 0,31) мВ против 0,33 (0,24; 0,40) мВ (p=0,004), СКО амплитуд Т-волны 0,22 (0,20; 0,31) мВ против 0,31 (0,24; 0,45) мВ (p=0,004), Дисп ОРИ 171 (154; 238) мс × мВ против 275 (211; 333) мс × мВ (p<0,001), Дисп_{норм} ОРИ 70 (63; 97) мс × мВ против 117 (86; 136) мс × мВ (p<0,001), СКО ОРИ 74 (62; 05) мс × мВ против 107 (83; 142) мс × мВ (p<0,001), Дисп РРИ 112 (94; 158) мс × мВ против 172 (128; 202) мс × мВ (p=0,003), Дисп_{норм} РРИ 45 (39; 66) мс × мВ против 72 (52; 83) мс × мВ

(p=0,004), СКО РРИ 46 (36; 67) мс × мВ против 69 (53; 93) мс × мВ (p=0,002).

Корреляция между ИММЛЖ и показателями амплитудной variability Т-волны и реполяризационных интегралов. Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена между показателями variability амплитуд Т-волны, реполяризационных интегралов и ИММЛЖ и оценка их достоверности представлены в табл. 2.

Представленные данные свидетельствуют об отсутствии достоверной корреляционной связи у женщин между ИММЛЖ и показателями variability амплитуд Т-волны и реполяризационных интегралов при анализе данных всех трех групп (АГ без ГЛЖ, АГ с ГЛЖ и контроль). При изолированном анализе пациенток с АГ (АГ без ГЛЖ и АГ с ГЛЖ) коэффициент корреляции Спирмена становится статистически достоверным при анализе ЭКГ-12, что свидетельствует о нестабильности оценки взаимосвязи ИММЛЖ и показателей variability амплитуд Т-волны и реполяризационных интегралов у женщин. У мужчин имеется прямая статистически достоверная корреляционная связь между ИММЛЖ и показателями variability амплитуд Т-волны и ОРИ и РРИ при анализе V₁-V₆-отведений, которая сохраняется при изолированном анализе пациентов с АГ, что свидетельствует о стабильности оценки взаимосвязи показателей ИММЛЖ с variability амплитуд Т-волны, так же как и variability реполяризационных интегралов у мужчин.

Результаты регрессионного анализа представлены в табл. 3 (для мужчин). Тестировались следующие факторы: возраст, рост, масса тела, средняя толщина стенки левого желудочка, относительная толщина стенки (ОТС), ИММЛЖ, конечнодиастолический и конечносистолический объемы левого желудочка (КДЛО и КСО) и фракция выброса левого желудочка, а также длительность RR-интервалов.

Результаты регрессионного анализа показывают, что ИММЛЖ или ОТС левого желудочка являются независимыми факторами, влияющими на показатели variability амплитуд Т-волны, ОРИ и РРИ у мужчин.

Диагностические характеристики показателей variability амплитуд Т-волны и реполяризационных интегралов качестве ЭКГ-критериев ГЛЖ. Для выбора значений показателей variability амплитуд Т-волны и реполяризационных интегралов, которые могли бы служить в качестве "точек разделения" пациентов с ГЛЖ и без ГЛЖ, анализировали стандартные ROC-кривые. При выборе предпочтении отдавали значениям, которые обеспечивали специфичность не менее чем 90%. Представленные в табл. 4 результаты показывают, что критерии ГЛЖ, основанные на показателях variability амплитуд Т-волны, по своим диагностическим характеристикам соответствуют критерию Корнелла, но несколько уступают критерию Соколова-Лайона в чувствительности, хотя различия не достигают статистической значимости (p>0,05 для всех диагностических характеристик, критерий МакНемара).

Критерии ГЛЖ, основанные на показателях variability реполяризационных интегралов, в частности Дисп ОРИ>300 мс × мВ, Дисп_{норм} ОРИ>120 мс × мВ и Дисп_{норм} РРИ>75 мВ × мВ V₁-V₆, по своим диагностическим характеристикам несколько уступают критерию Соколова-Лайона, но превосходят критерий Корнелла в чувствительности, хотя различия не достигают статистической значимости (p>0,05 для всех диагностических характеристик, критерий МакНемара).

Обсуждение

В представленном исследовании только у мужчин и только при анализе прекордиальных отведений V₁-V₆ удалось выявить различия показателей variability амплитуд Т-волны и реполяризационных интегралов при наличии и отсутствии ГЛЖ и корреляцию этих индексов с ИММЛЖ. Это позволяет предполагать, что на variability амплитуд Т-волны и реполяризационных интегралов в основном влияют локальные дипольные

Таблица 3. Результаты регрессионного анализа

Индексы variability	R ²	F	p	Независимые факторы
ЭКГ V ₁ -V ₆				
Дисп T _{амп}	0,425	19,92	<0,001	ИММЛЖ, r=0,424 (p<0,001) RR-интервал, r=0,373 (p=0,009)
Дисп _{норм} T _{амп}	0,471	22,24	<0,001	ОТС ЛЖ, r=0,480 (p<0,001) RR-интервал, r=0,470 (p<0,001)
СКО T _{амп}	0,558	31,61	<0,001	ОТС ЛЖ, r=0,522 (p<0,001) RR-интервал, r=0,522 (p<0,001)
Дисп ОРИ	0,386	32,09	<0,001	ИММЛЖ, r=0,621 (p<0,001)
Дисп _{норм} ОРИ	0,382	31,56	<0,001	ИММЛЖ, r=0,618 (p<0,001)
СКО ОРИ	0,566	31,94	<0,001	КСО ЛЖ, r=0,642 (p<0,001) ОТС ЛЖ, r=0,425 (p<0,001)
Дисп РРИ	0,614	38,13	<0,001	КДО ЛЖ, r=0,614 (p<0,001) ОТС ЛЖ, r=0,389 (p<0,001)
Дисп _{норм} РРИ	0,554	29,78	<0,001	КСО ЛЖ, r=0,624 (p<0,001) ОТС ЛЖ, r=0,448 (p<0,001)
СКО РРИ	0,637	42,09	<0,001	КДО ЛЖ, r=0,655 (p<0,001) ОТС ЛЖ, r=0,432 (p<0,001)

Примечание. R² – коэффициент множественной детерминации; F – критерий Фишера; p – статистическая достоверность для модели в целом, r – стандартизованные коэффициенты регрессии для независимых факторов и значение p для каждого независимого фактора.

Таблица 4. Диагностические характеристики показателей variability амплитуд Т-волны, реполяризационных интегралов и критериев Соколова-Лайона и Корнелла в выявлении ГЛЖ

Критерий	ГЛЖ-	ГЛЖ+	Se	Sp	PPV	NPV
Дисп T _{амп} ≥ 0,88 мВ V ₁ -V ₆	2/22	10/31	32 (17; 51)	91 (68; 100)	83 (47; 100)	49 (33; 65)
Дисп _{норм} T _{амп} ≥ 0,37 мВ V ₁ -V ₆	2/22	9/31	29 (14-48)	91 (68-100)	82 (44-100)	48 (32-64)
СКО T _{амп} ≥ 0,37 мВ V ₁ -V ₆	2/22	12/31*	39 (22-58)	91 (68-100)	86 (54-100)	51 (34-67)
Дисп ОРИ ≥ 300 мВ × мс V ₁ -V ₆	1/22	13/31#	42 (25; 61)	95 (73; 100)	93 (61; 100)	54 (37; 70)
Дисп _{норм} ОРИ ≥ 120 мВ × мс V ₁ -V ₆	2/22	14/31#	45 (35; 72)	91 (68; 100)	88 (59; 100)	54 (36; 70)
СКО ОРИ ≥ 120 мВ × мс V ₁ -V ₆	1/22	13/31#	42 (25; 61)	95 (73; 100)	93 (61; 100)	54 (37; 70)
Дисп РРИ ≥ 200 мВ × мс V ₁ -V ₆	1/22	9/31	29 (15; 48)	91 (68; 100)	82 (44; 99)	48 (32; 64)
Дисп _{норм} РРИ ≥ 75 мВ × мс V ₁ -V ₆	3/22	14/31*	45 (37; 72)	86 (62; 98)	82 (53; 97)	53 (35; 70)
СКО РРИ ≥ 75 мВ × мс V ₁ -V ₆	2/22	12/31*	39 (22; 58)	91 (68; 100)	86 (54; 100)	51 (34; 67)
S _{V1} +R _{V5-6} ≥ 3,5 мВ	2/22	15/31#	48 (30; 62)	91 (68; 100)	88 (60; 100)	56 (40; 71)
S _{V3} +R _{AVL} ≥ 2,8 мВ	0/22	9/31#	29 (14; 48)	100 (80; 100)	100 (57; 100)	50 (35; 65)

Примечание. Se – чувствительность, Sp – специфичность, PPV – положительная предсказательная значимость, NPV – отрицательная предсказательная значимость, представлены в виде "значение (95% доверительный интервал)". Достоверность различий числа пациентов с критериями ГЛЖ в группах ГЛЖ- и ГЛЖ+ (точный критерий Фишера): * – p<0,05; # – p<0,01.

электрические компоненты, которые лучше выявляются при регистрации отведений, максимально приближенных к эпикарду. Отсутствие устойчивой корреляции между индексами variability амплитуд Т-волны и реполяризационных интегралов и ИММЛЖ у женщин, скорее всего, связано с особенностями анатомии грудной клетки и наличием дополнительных факторов, которые могут влиять на распределение потенциалов на поверхности грудной клетки и нивелировать влияние локальных дипольных компонентов.

В то же время представленные результаты позволяют подтвердить гипотезу о том, что ГЛЖ и, возможно, тип структурного ремоделирования левого желудочка являются независимыми факторами, влияющими на показатели variability амплитуд Т-волны и реполяризационных интегралов у мужчин с АГ. ИММЛЖ или ОТС левого желудочка оказались независимыми факторами, влияющими на амплитудно-временную гетерогенность реполяризации при развитии ГЛЖ.

Среди показателей variability амплитуд Т-волны лучшие диагностические характеристики в выявлении ГЛЖ продемонстрировало СКО T_{амп} ≥ 0,37 мВ (чувствительность 39%, специфичность 91%, положительная предсказательная значимость 86%, отрицательная предсказательная значимость 51%), которые превосходили критерий Корнелла, но уступали критерию Соколова-Лайона в чувствительности, хотя различие не достигало статистической значимости (p>0,05 для всех диагностических характеристик, критерий МакНемара).

Несколько лучшие диагностические характеристики выявлены для показателей variability реполяризационных интегралов, в частности Дисп_{норм} ОРИ ≥ 120 мВ × мВ (чувствительность 45%, специфичность 91%, положительная предсказательная значимость 88%, отрицательная предсказательная значимость 54%), которые были сопоставимы с характеристиками критерия Соколова-Лайона и превосходили критерий Корнелла в чувствительности. Показатели variability реполяризационных интегралов могут применяться в качестве самостоятельных критериев диагностики ГЛЖ у мужчин с АГ.

Литература

1. Zabel M, Portnoy S, Franz MR. Electrocardiographic indexes of dispersion of ventricular repolarization: an isolated heart validation study. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25 (3): 746-52.
2. Pinsky BB, Lux RL, MacLeod RS et al. Mechanisms of the spatial distribution of QT intervals on the epicardial and body surfaces. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1999 Dec; 10 (12): 1605-18.
3. 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.
4. Casale PN, Devereux RB, Alonso DR et al. Improved sex-specific criteria of left ventricular hypertrophy for clinical and computer electrocardiogram interpretation: validation with autopsy findings. *Circulation* 1987; 75: 565-72.
5. Sabn DJ, de Maria A, Kisslo J et al. Recommendation regarding quantization in M-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 1978; 58 (6): 1072-83.
6. Devereux RB. Detection of left ventricular hypertrophy by M-mode echocardiography. *Hypertension* 1987; 9 Suppl II: 16-26.
7. Шиллер Н., Осипов М. Клиническая эхокардиография. М.: Практика, 1994.
8. Реброва ОЮ. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. М.: Медиа Сфера, 2002.