

РАЗЛИЧИЯ В ГЕОМЕТРИИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У ЗДОРОВЫХ ЛИЦ, ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ИЛИ НАЧАЛО РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ

**Е.Н. Бурдина*, А.Н. Шопин*, А.В. Соболев*, Я.Б. Ховаева*,
Б.В. Головской*, М.Д. Берг*, В.В. Бурдин**, А.А. Баталова***

**ГОУ ВПО Пермская государственная медицинская академия им. ак. Е.А.Вагнера,
fuvpgma@mail.ru*

*** Пермский государственный технический университет, г. Пермь*

В работе представлен анализ структурно-геометрических особенностей левого желудочка у практически здоровых лиц. С помощью кластерного анализа было выявлено 4 геометрических типа левого желудочка, два из которых связаны с относительным увеличением индекса массы миокарда. Оптимизация геометрической формы левого желудочка у здоровых лиц связана с особенностями энергообеспечения работы сердца, обусловленными конституциональными характеристиками и состоянием сосудистой гемодинамики.

Ключевые слова: кластерный анализ, индекс массы миокарда левого желудочка, индекс сферичности, относительная толщина стенки, геометрия левого желудочка.

GEOMETRY OF THE LEFT VENTRICLE DISTINCTIONS IN HEALTHY PEOPLE, OPTIMIZATION OF GEOMETRICAL SHAPE OR THE BIGINNING REMODELING

**E.N. Burdina*, A.N. Shopin*, A.V. Sobolev*, Ya.B. Khovaeva*, B.V.
Golovskoy*, M.D. Berg*, V.V. Burdin**, A.A. Batalova***

**Perm Vagner State Medical Academy, Perm, Russia fuvpgma@mail.ru*

*** Perm State Technical University*

The present work studies the peculiar features of the left ventricle geometry. According to the results of cluster analysis healthy people have 4 geometrical shapes of heart, two of which are connected with relative increase of left ventricle myocardium mass. Optimization of geometrical shape of heart of healthy people is connected with paculiarities of energy supply for heart activity determined by constitutional characteristics and the condition of vascular hemodynamic.

Keywords: cluster analysis, left ventricle myocardium mass index, sphericity index, relative wall thickness, left ventricle geometry.

К основным эхокардиографическим показателям геометрии левого желудочка относят индекс сферичности, массу миокарда левого желудочка и индекс относительной толщины стенки левого желудочка [1]. Их изменения отражают процесс ремоделирования левого желудочка [11], который является характерным признаком патологического процесса и ассоциируется с нарушениями систолической и диастолической функций сердца и увеличением сердечно-сосудистого риска [2]. Каждый из перечисленных выше параметров и степень его нарушения подробно изучены у лиц с патологией сердца. У здоровых лиц имеется довольно широкий размах нормальных значений массы миокарда левого желудочка (ММЛЖ), которые в сочетании с различными значениями индекса сферичности и относительной толщины стенки левого желудочка обуславливают множество индивидуальных комбинаций. Это обстоятельство сильно затрудняет как отдельную, так и групповую оценку значимости показателей геометрии левого желудочка для выявления начального этапа процесса ремоделирования левого желудочка, определения направленности гипертрофического процесса и последующего прогноза у здоровых лиц.

Цель исследования

Изучение структурно-геометрических особенностей левого желудочка и анализ их возможных комбинаций у здоровых лиц для выявления геометрических моделей левого желудочка и гемодинамических причин, детерминирующих в последующем ремоделирование левого желудочка.

Материалы и методы

Обследовано 264 практически здоровых лица. Из них 130 мужчин в возрасте

от 17 до 55 лет, средний возраст составил $39,58 \pm 0,94$ лет, и 134 женщины в возрасте от 18 до 59, средний возраст которых составил $38,08 \pm 0,85$ лет. Критериями включения в исследование явилось отсутствие артериальной гипертензии, сахарного диабета, нормальные показатели ОАК и 12-канальной ЭКГ. Все обследованные лица на момент обследования не предъявляли каких-либо жалоб. Всем обследованным рассчитывали индекс массы тела (индекс Кетле) и площадь поверхности тела (ППТ). ЭхоКГ-исследование проводили на аппарате Aloka 5000 (Япония) с измерением структурных и доплерографических параметров сердца по общепринятой методике [7]. Для характеристики геометрической формы левого желудочка (ЛЖ) использовали следующие показатели: конечные диастолический размер (КДР_{лж}), продольный размер ЛЖ в диастолу ($D_{лж}$) и диастолический индекс сферичности ($ИС_d$), который рассчитывали как отношение КДР к $D_{лж}$. Относительную толщину стенок ЛЖ ($ОТС_{лж}$) рассчитывали по формуле: $ОТС_{лж} = \frac{ТЗС_{лж_d} + ТМЖП_d}{КДР_{лж}}$. Массу миокарда ЛЖ (ММЛЖ) рассчитывали по формуле Devereux R.V. $ММЛЖ = 1,04 \cdot ((ТМЖП_d + ТЗС_{лж_d} + КДР)^3 - КДР^3) - 13,6$ и индексировали к площади поверхности тела. Значения и ММЛЖ более 130 г/м^2 у мужчин и более 110 г/м^2 у женщин рассматривались как признаки гипертрофии левого желудочка. Систолическую функцию оценивали в М-режиме по величине фракции выброса (ФВ) и ударного объема (УО) Рассчитывали работу сердца (А, Дж) и мощность (М, Дж/с) по формулам: $A = A_{д_{ср}} \cdot 133 \cdot УО \cdot 10^{-6}$, где $A_{д_{ср}}$ — сред-

нее артериальное давление, 133 — коэффициент для пересчета давления в ед. СИ, УО — ударный объем, 10^{-6} — коэффициент для пересчета ударного объема в массу ударного объема; $M=A/ET$, где ET — продолжительность систолы [9]. При оценке состояния центральной и периферической гемодинамики учитывали также значения минутного объема кровотока (МО), минутной преднагрузки (произведение конечно-диастолического объема на частоту сердечных сокращений) и общее периферическое сопротивление (ОПС), рассчитанное по формуле Франка–Пуазейля: $ОПСС \text{ (дин/см/сек}^{-5}\text{)} = A_{\text{Дср.}} \times 1332 \times 60:МО$ [4]. Напряжение стенки левого желудочка рассчитывали по формуле: систолическое напряжение (г/см^2) = $0,334Pd/(h(1+(h/d)))$, где P — систолическое давление, d — КСР, h — толщина задней стенки левого желудочка в систолу (ТЗСлж) [8]. Диастолическую функцию левого желудочка изучали по временным и скоростным параметрам трансмитрального диастолического потока. При статистической обработке данных использована программа «Statistica 6.0» с применением t-критерия Стьюдента для сравнения двух групп, удовлетворяющих критериям применимости параметрических методов исследования, и u-критерия Манна-Уитни для групп, не имеющих нормального распределения. Данные представлены в виде среднего \pm ошибка среднего. В качестве многомерных методов исследования использовался кластерный анализ с предварительным нормированием исходных данных. Применялся метод одиночной связи и метод K-средних с последующим анализом суммы квадратов

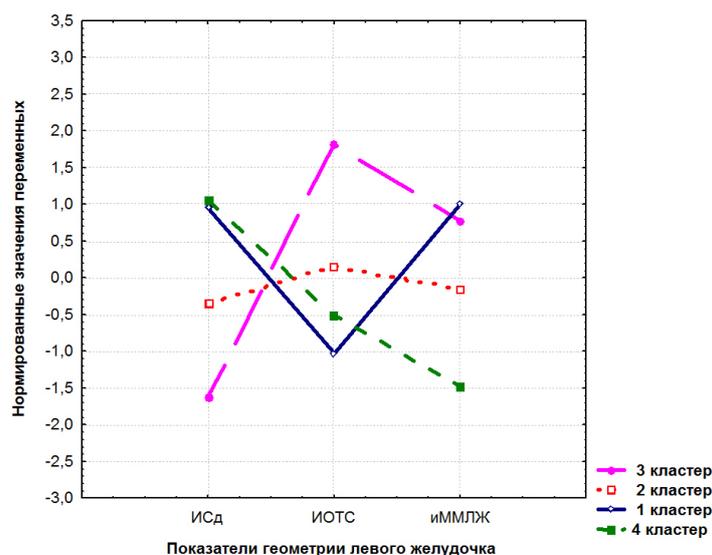
отклонения объектов от центров кластеров и суммы квадратов отклонений между центрами кластеров, значений F-статистики и уровня значимости p [5a].

Обсуждение результатов

Обследуемая группа здоровых лиц была гетерогенна как по антропометрическим данным, так и показателям геометрии левого желудочка. Так, рост обследуемых был от 150 см до 196 см и в среднем составил $168 \pm 0,82$ см, вес — от 48 кг до 99 кг и в среднем составил $73,4 \pm 0,86$ кг, индекс Кетле — от 19,8 кг/м² до 29,3 кг/м², в среднем составил $24,4 \pm 0,19$ кг/м², площадь поверхности тела — от 1,4 м² до 2,1 м² и в среднем составила $1,7 \pm 0,01$ м². Показатели геометрии левого желудочка: иММЛЖ был представлен значениями от 41,80 г/м² до 125 г/м², в среднем — 91,9 г/м², ИС_д — от 0,45 до 0,83, в среднем 0,6, ОТС_{лж} — от 0,23 до 0,64, в среднем — 0,40. Корреляционный анализ не выявил достоверной линейной зависимости между антропометрическими данными и основными показателями геометрии левого желудочка.

Чтобы систематизировать и классифицировать по однородности имеющееся внутригрупповое разнообразие геометрических форм левого желудочка, мы использовали кластерный анализ, который показал, что все обследованные лица могут быть объединены в 4 кластера, в каждом из которых представленные лица группируются по наиболее схожим значениям группирующих признаков, таких, как иММЛЖ, ОТС и ИС_{лж} (рисунок. 1).

Такая внутрикластерная однородность и межкластерная достоверность различий показателей, характеризующих геометрию



Графики нормализованных средних значений показателей геометрии левого желудочка в 4-х кластерах, выявляемых в группе здоровых лиц

левого желудочка, позволяет говорить о четырех геометрических моделях левого желудочка, которые характеризуют сердце здоровых лиц (табл. 1).

Раздельная кластеризация мужчин и женщин показала, что для обоих полов, так же как и в общем случае, можно выделить по 4 основных кластера со схожими графиками

Таблица 1

Абсолютные значения средних для показателей геометрии левого желудочка в образованных кластерах

	1-й кластер	2-й кластер	3-й кластер	4-й кластер
ИС _д	0,65±0,003 ^{2;3}	0,58±0,001 ^{1;3;4}	0,50±0,004 ^{1;2;4}	0,66±0,007 ^{2;3}
иОТС	0,33±0,003 ^{2;3;4}	0,41±0,002 ^{1;3;4}	0,52±0,009 ^{1;2;4}	0,37±0,008 ^{1;2;3}
иММЛЖ	116±1,7 ^{2;4}	90±1,2 ^{1;3;4}	111±2,9 ^{2;4}	61,5±1,2 ^{1;2;3}
Количество человек	56	137	31	40

Примечание: 1;2;3;4 – нумерация кластера, с которым имеются достоверные различия по данному показателю

ками средних значений группирующих признаков.

Увеличение иММЛЖ является самостоятельным независимым предиктором сердечно-сосудистого риска [6]. Поэтому, для понимания механизма его увеличения наибольший интерес представляет сопоставление

показателей, характеризующих функцию сердца, в кластерах с наибольшим значением иММЛЖ, т.е. в первом и третьем.

Обращает на себя внимание, что при существенных различиях иОТС и ИСд показатель иММЛЖ в сравниваемых кластерах

Таблица 2

Эхокардиографические параметры левого желудочка в 1-м и 3-м кластерах

Параметр	женщины		мужчины	
	1-й кластер	3-й кластер	1-й кластер	3-й кластер
иММЛЖ, г/м ²	102,18±1,85	108,93±3,49	121,38±2,15	120,12±1,75
ИСд	0,62±0,006*	0,51±0,006*	0,67±0,006**	0,53±0,007**
иОТС	0,37±0,005*	0,52±0,01*	0,33±0,004**	0,47±0,012**
Д, см	8,4±0,01	8,8±0,01	8,6±0,16**	9,7±0,18**
Ср Р ла, мм.рт.ст	15,23±1,1	18,4±1,3	13,53±0,08**	19,9±0,15**
УО, мл	78,5±1,83*	62,7±1,7*	97,7±1,97	94,28±1,35
Мощность, Вт	1,13±0,04*	0,88±0,03*	1,57±0,02	1,54±0,09
Е/А	1,33±0,03	1,23±0,04	1,17±0,02	1,05±0,06
ОПС, дин/см/сек-5	1217±49,74*	2239±49,7*	906±26,3**	1422±39,4**
Минутная преднагрузка, л/мин	8,77±0,2*	6,27±0,17*	14,1±0,11**	9,44±0,14**
ЧСС, уд.мин	68,6±1,3	66,5±1,3	83,5±1,5**	68,5±1,2**

Примечания: * — различия между показателями статистически значимы ($P < 0,001$) в рамках группы женщин; ** — различия между показателями статистически значимы ($P < 0,001$) в рамках группы мужчин

мужчин и женщин имеет сопоставимые значения (табл.2).

Что же является детерминирующей причиной, ведущей к формированию той или иной геометрии левого желудочка? В среднем мужчины в первом кластере имели недостоверно большую площадь поверхности тела, соответственно $1,93 \pm 0,005 \text{ м}^2$ в 1-м, и $1,84 \pm 0,02 \text{ м}^2$ — в 3-м, были достоверно более высокого роста, в среднем $182,1 \pm 1,08$ см против $175,4 \pm 2,21$ см ($p < 0,05$) роста мужчин 3-го кластера и имели сопоставимые значения индекса Кетле, который в первом кластере составил $25,6 \pm 0,4 \text{ см/м}^2$ и $26,2 \pm 0,5 \text{ см/м}^2$ в 3-м ($p > 0,05$). Показатели систолической функции в обоих случаях у мужчин не имели достоверных различий: ударный объем в первом кластере составил $97,7 \pm 1,97$ мл, в 3-м — $94,28 \pm 1,35$ мл; мощность сердца в 1-м кластере составила $1,57 \pm 0,02$ Вт, в 3-м — $1,54 \pm 0,09$ Вт.

Парное сравнение средних значений показателей геометрии левого желудочка в 1-м и 3-м кластерах у женщин показывает, что у них, так же, как и у мужчин, при сопоставимых значениях иММЛЖ имеют место две различные модели левого желудочка (табл.2). В среднем женщины сравнимых кластеров не имели достоверных различий по таким параметрам, как площадь поверхности тела ($1,78 \pm 0,02 \text{ м}^2$ в первом кластере и $1,83 \pm 0,02 \text{ м}^2$ в третьем), рост ($168,4 \pm 1,67$ см в первом и $162,9 \pm 1,89$ см во втором), вес ($74,5 \pm 1,85$ кг в первом и $70,9 \pm 2,75$ во втором) и индекс Кетле ($25,3 \pm 0,06 \text{ см/м}^2$ в первом и $26,9 \pm 0,008 \text{ см/м}^2$ в третьем). Обращает на себя внимание разница в показателях систолической функции между кластерами, которая не определялась у мужчин.

Таким образом, различия между 1 и 3 кластерами геометрии левого желудочка

у мужчин и женщин не связаны с антропометрическими данными. Обращает на себя внимание повышение общего периферического сопротивления у мужчин и женщин 3-го кластера, которое сопровождается увеличением относительной толщины стенок левого желудочка (табл.2), что при нормальном значении ИМЛЖ в рамках принятой классификации [7] может быть расценено как концентрическое ремоделирование. Одновременно с этим у лиц 1-го кластера обоих полов выявляется повышение минутной преднагрузки, что сопровождается увеличением сферичности левого желудочка. Анализ причин, детерминирующих такие особенности сердечной деятельности, показал, что мужчины в первом кластере были достоверно старше, их средний возраст составил $47,8 \pm 0,5$, в третьем — $37,8 \pm 0,9$ ($p < 0,05$). Во вторых, встречаемость курения в первом кластере составила 82%, из которых 66% — лица со стажем курения более 20 лет, в третьем — 40% со стажем курения не более 10 лет ($p < 0,05$).

Как у лиц первого, так и третьего кластера, сердце совершает работу, достоверно большую, чем в среднем по популяции здоровых людей. Объем кислорода, потребляемый сердцем за одну систолу, зависит прежде всего от систолического напряжения волокон миокарда. Наши расчеты показали, что напряжение по меридиану при первой геометрической форме сердца у мужчин составляет $87,7 \pm 4,04$ Г/см², а при третьей — $53,8 \pm 2,8$ Г/см² ($p = 0,001$), у женщин при первой геометрической форме сердца составляет $56,8 \pm 2,94$ Г/см², при третьей — $45,11 \pm 2,03$ Г/см². Таким образом, оптимизация геометрической формы левого

желудочка у лиц 3-го кластера является источником экономии энергии для миокарда [3]. Курение, по видимому, является фактором, под воздействием которого такой тип оптимизации формы левого желудочка становится невозможным. В этом случае экономичность функционирования ЛЖ достигается использованием других механизмов ауторегуляции сердца, таких, как механизм Starling и Bowdich, т.к. известно, что при одинаковом уровне работы сердца и повышении индекса «работа — давление» миокард потребляет больше энергии, чем при увеличении индекса «работа — объем» [10]. У мужчин 1-го кластера симпатическая активация приводит к учащению ЧСС до $83,5 \pm 1,5$ уд/мин, по сравнению с уровнем ЧСС в 3-м $68,5 \pm 1,2$ ($p = 0,03$). Источником экономии энергии является не только снижение гемодинамического стресса за счет утолщения стенки, но и «удлинение» сердца. Это подтверждается высоким индексом корреляции ИМЛЖ и Д во всех сравниваемых кластерах (r от 0,79 до 0,84 при уровне $p < 0,01$).

Таким образом, разница между этими двумя типами сердец состоит в «энергетической» стоимости каждого миллилитра ударного выброса. Вероятно, выбор «механизма» экономии энергии зависит от наследственно-конституциональных особенностей, наличия факторов риска и тесно связан с изменением сосудистого тонуса, что в конечном счете обуславливает функциональные резервы сердца и его «поведение» при развитии патологии.

Выводы

Совокупность эхокардиографических индексов отражает индивидуальную геометри-

ческую форму левого желудочка. По данным кластерного анализа, у здоровых лиц выявляется 4 геометрических модели сердца, две из которых сопровождаются увеличением ИММЛЖ и «удлинением» продольного размера левого желудочка и отличаются друг от друга индексом сферичности и величиной относительной толщины стенки. Более высокие цифры ИММЛЖ у здоровых лиц закономерно связаны с более высокими значениями общего периферического сопротивления, минутной преднагрузки или частоты сердечных сокращений. Оптимизация формы левого желудочка направлена на рациональное использование энергии и снижение потребности миокарда в кислороде.

Список литературы.

1. Агеева Ф.Т. и др. Возможности ультразвуковой эхокардиографии в оценке нарушения диастолической функции сердца у больных с хронической сердечной недостаточностью // Кардиология. — 1994. — №12. — С. 12–17.
2. Беленков Ю.Н., Мареев В. Ю. Сердечно-сосудистый континуум // Сердечная недостаточность — 2002. — №3 (I). — С.7–11.
3. Бляхман Ф.А. Много ли мы знаем о сердце // Природа. — 1999. — №11.
4. Виноградова Т.С. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы. — М.: Медицина, 1986. — 416 с.
5. Вуколов В.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL: учеб. пособие. — М.: Форум: Инфра-М, 2004. — С.283–297.
6. Крикунов П. В., Васок Ю. А., Копелева М. В., Крикунов О. В. Гипертрофия левого желудочка как мишень для терапевтического вмешательства. Особенности диагностики и лечения // Сердце. — 2008. — Т.7, №6. — С. 324–334.
7. Рыбакова М.К., Алехин М.Н., Митьков В.В. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Эхокардиография. — М.: Издательский дом Видар-М, 2008. — 512 с.
8. Фейгенбаум Х. Эхокардиография / пер. с англ./ под ред. Митькова В.В. — 5-е издание — М.: Видар, 1999. — С.123.
9. Физиология человека: В 3-х т. Т.2./ под ред. Шмидта и Тевса Г.; пер. с англ. — М.:Мир, 1996. — 313 с.
10. Шилов А.М. Инфаркт миокарда. Патофизиологические и клинические аспекты. — М.: Миклош, 2009. — 164 с.
11. Gaasch W.H. Left ventricular radius to wall thickness nation // Am.J.Cardiol. — 1979. — Vol. 43. — P.1189–1194.