

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКА СЕРДЦА У НОВОРОЖДЕННЫХ В РАННИЙ НЕОНАТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД

Бойченко Алена Дмитриевна

Харьковский национальный медицинский университет,
кафедра педиатрии № 1 и неонатологии, Харьков, Украина

*The right ventricle may be said to be made
for the sake of transmitting blood through
the lungs, not for nourishing them
William Harvey, 1616*

Развитие современных методов визуализации сердца обуславливает интерес специалистов к функциональному состоянию правого желудочка у пациентов с патологией миокарда, в том числе у новорожденных. Правый желудочек (ПЖ) является наименее изученным отделом сердца, хотя имеется существенное количество работ о его вкладе в поддержание системной гемодинамики у пациентов взрослой популяции [1, 2].

В последние годы многие исследования показали прогностическое значение функции ПЖ в развитии сердечно-сосудистых заболеваний [1, 2, 3, 4, 5]. Рядом исследований доказано, что ПЖ, его дисфункция при идиопатической легочной гипертензии и врожденных пороках сердца является основной причиной смерти. Тем не менее, в настоящее время известно, что легочная гипертензия и правожелудочковая недостаточность осложняют многочисленные патологические процессы; недостаточность ПЖ является одним из самых мощных предикторов смертности [13].

Ранее правый желудочек «был забыт» и важность его функции была недооценена [6, 11, 12]. Однако установлено, что любая его перегрузка немедленно ведет к дилатации и нарушению функции [7].

На сегодняшний день магнитно-резонансная томография является наиболее точным методом оценки функции ПЖ, но использование данного метода ограничено, а анализ данных занимает достаточно много времени [2, 12], что не всегда приемлемо в неонатологической практике.

Методом первой линии неинвазивной диагностики остается ультразвуковое исследование сердца – доступный метод для оценки функции ПЖ, обеспечивающий достоверную информацию о размерах, структуре и функции ПЖ, межжелудочковых взаимодействиях [6, 7]. Визуализация правого желудочка технически сложна во всех возрастных категориях, что связано с его анатомической сложностью и особенностью геометрии [8].

Правый желудочек по сравнению с левым желудочком (ЛЖ) имеет ряд морфофункциональных особенностей:

- отдельное эмбриологическое развитие;
- более тонкие стенки и большую податливость по сравнению с ЛЖ, т.к. выбрасывает кровь в более податливое легочное сосудистое русло;
- неправильные треугольные очертания по сравнению с эллипсоидной формой ЛЖ при двухмерной эхокардиографии;
- стенки ПЖ представлены крупноволокнистыми множественными трабекулами и поперечным модераторным пучком в апикальном отделе;
- трикуспидальный клапан и клапан легочной артерии не имеют общего фиброзного кольца в отличие от митрального и аортального клапанов в ЛЖ;
- ПЖ имеет три основные анатомические области: приносящий тракт (синус), верхушку и выносящий тракт (конус);
- сокращается перистальтической волной от синуса к конусу и выполняет до 25 % от работы ЛЖ;
- менее подвержен ишемии по сравнению с ЛЖ;
- ПЖ переносит нагрузку объемом лучше, чем нагрузку давлением;
- нормальная фракция выброса (ФВ) ниже по сравнению с ЛЖ [7, 12].

Дилатация и/или гипертрофия одного из желудочков сердца нарушает комплаенс и геометрию противоположного желудочка, вследствие смещения межжелудочковой перегородки и негативных межжелудочковых взаимодействий, что является причиной снижения наполнения контрлатерального желудочка [10] и причиной развития миокардиальной дисфункции.

Функция ПЖ может быть нарушена при легочной гипертензии, в том числе, персистирующей легочной гипертензии новорожденных, врожденных пороках сердца, ишемических изменениях миокарда.

Методы расчета диаметра, площади, объема, которые используются для описания и оценки ЛЖ, трудно применимы для ПЖ. Важно ориентироваться в эхокардиографических маркерах, свидетельствующих о миокардиальной дисфункции ПЖ, и потенциальной возможности развития сердечно-сосудистых событий, которые могут начинаться в неонатальном периоде. В первые дни жизни ПЖ претерпевает морфофункциональные трансформации, связанные с гемодинамической перестройкой на этапе гемодинамической адаптации. Знание клиницистом структурных и функциональных особенностей неонатального миокарда обеспечит правильную терапевтическую тактику и оптимальный уход за новорожденным в условиях развившейся миокардиальной дисфункции [9]. Не вызывает сомнения тот факт, чем раньше выявлена патология, диагностирована миокардиальная дисфункция, тем выше шанс предотвратить неблагоприятные сердечно-сосудистые события.

Таким образом, проблема оценки функционального состояния ПЖ, определение наиболее чувствительных маркеров его дисфункции у новорожденных является важным моментом в повседневной клинической практике, но остается недостаточно изученной, что и явилось целью настоящего исследования.

Материалы и методы исследования: Обследовано 203 «условно» здоровых новорожденных (мальчики – 54,2%, девочки – 45,8%) с гестационным возрастом 38-41 неделя, средняя масса тела при рождении составляла $3389,4 \pm 408,8$ г, рост $50,5 \pm 1,8$ см и площадью поверхности тела $0,21 \pm 0,02$ м². Оценка по шкале Апгар на первой и пятой минутах – 8-9 баллов. Состояние пациентов расценено, как удовлетворительное, новорожденные были приложены к груди матери в родильном зале.

У обследованных детей внутриутробное развитие и ранний неонатальный период протекал без соматических и неврологических осложнений. Все новорожденные в удовлетворительном состоянии выписаны домой на 3-5 сутки жизни.

Эхокардиографическое обследование проводилось на аппарате «MyLab 25Gold» фирмы «Esaote» (Италия). Эхокардиографическая оценка ПЖ включает в себя несколько этапов. Первый этап: определение линейных размеров правых камер с количественной оценкой постнагрузки и преднагрузки ПЖ. Постнагрузку ПЖ оценивали путем измерения среднего давления в легочной артерии. Измерение среднего давления в легочной артерии выполнялось по методике Kitabatake А. и соавт. (1983) или по градиенту давления трикуспидальной регургитации. Последний метод, среди неинвазивных, является наиболее точным [14].

Следующий этап заключался в оценке механизма и тяжести трикуспидальной регургитации. Для количественной оценки производительности ПЖ, использовали индекс функции (производительности) миокарда ПЖ. Систолическая функция приточного отдела правого желудочка (ПЖ) оценивалась методом Simpson.

Третий этап предусматривал оценку диастолической функции ПЖ в режиме импульсно-волнового доплера. При анализе диастолической функции ПЖ рассчитывали следующие показатели: максимальную скорость кровотока в фазу раннего диастолического наполнения E, максимальную скорость кровотока в фазу позднего диастолического наполнения A, отношение максимальных скоростей E/A, время замедления раннего диастолического потока DTe, время изоволюметрического расслабления IVRT. Все вычисления выполняли минимум по трем-пяти комплексам при нормальном синусовом ритме, продолжительность интервалов R-R колебалась не более, чем на 5%. Способом тканевой импульсной доплерографии определяли скорость движения латерального и септального основания фиброзного кольца трикуспидального кольца.

Целесообразно проведение ДЭХОКГ во время физиологического сна ребенка (для получения более достоверных результатов и регистрации истинной частоты сердечных сокращений (ЧСС) новорожденных). Все исследования были проведены одним и тем же исследователем.

Статистическая обработка данных проведена методами параметрической и непараметрической статистики. Различия считались значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение: визуализация ПЖ проводилась в В-режиме и/или в субкостальной позиции в В- или М-режиме с измерением базального поперечного размера ПЖ на уровне трикуспидального клапана и продольный размер ПЖ от его верхушки до точки смыкания створок трикуспидального клапана. В норме линейные размеры ПЖ составляют приблизительно от 2/3 размеров ЛЖ. При проведении ДЭХОКГ в первые сутки жизни установлено соотношение между левым (ЛЖ) и правым желудочками (ПЖ) сердца 1,3:1 с умеренным преобладанием левых отделов (ДдЛЖ $18,6 \pm 1,6$ мм, ДдПЖ $14,3 \pm 1,3$ мм, $p > 0,05$) [14].

Основные морфометрические параметры ПЖ у новорожденных в раннем неонатальном периоде отражены в табл.1, которые позволяют судить о его функциональном состоянии.

Таблица 1

Морфометрические параметры правого желудочка у новорожденных в ранний неонатальный период

	1 день жизни (n=63) 1 группа	2 день жизни (n=63) 2 группа	3 день жизни (n=35) 3 группа	4 день жизни (n=25) 4 группа	5 день жизни (n=17) 5 группа
ДдПЖ, мм	$14,3 \pm 1,3$	$12,6 \pm 1,6$	$12,6 \pm 1,2$	$12,6 \pm 1,0$	$12,3 \pm 1,4$
Высота ПЖ, мм	$21,2 \pm 7,3$	$18,6 \pm 2,8$	$18,3 \pm 2,1$	$18,5 \pm 2,0$	$17,1 \pm 2,2$
КДОпж, мл	$2,3 \pm 0,7$	$2,2 \pm 0,9$	$2,2 \pm 0,8$	$2,2 \pm 0,8$	$1,7 \pm 0,5$
КСОпж, мл	$0,8 \pm 0,4$	$0,8 \pm 0,3$	$0,8 \pm 0,3$	$0,8 \pm 0,3$	$0,6 \pm 0,1$
УОпж, мл	$1,6 \pm 0,6$	$1,6 \pm 0,5$	$1,6 \pm 0,7$	$1,5 \pm 0,6$	$1,1 \pm 0,4$
ФВПЖ, %	$66,6 \pm 6,8$	$65,8 \pm 6,3$	$67,6 \pm 6,1$	$66,2 \pm 5,3$	$66,1 \pm 6,8$
Индекс Теи ПЖ	$0,22 \pm 0,11$	$0,24 \pm 0,10$	$0,23 \pm 0,18$	$0,27 \pm 0,17$	$0,29 \pm 0,11$

При проведении сравнительного анализа достоверных отличий между группами не выявлено, однако прослеживается четкая тенденция к уменьшению измеряемых параметров, что свидетельствует о снижении гемодинамической нагрузки на ПЖ после рождения. Со вторых суток жизни диастолический размер ПЖ уменьшается на 11,8% ($p > 0,05$) относительно диаметра, определенного в первые сутки после рождения. С 2-4-х суток линейные размеры ПЖ остаются стабильными и только на 5-е сутки уменьшаются на 2,4% относительно предыдущих суток.

Уменьшение высоты ПЖ в первые часы жизни свидетельствует об уменьшении сосудистой сопротивляемости и давления в малом круге кровообращения на этапе гемодинамической адаптации как следствие уменьшение линейных размеров.

В связи со сложной конфигурацией ПЖ определение его объема проводили с верхушечного доступа на основе использования метода Симпсона. По данным Шиллер Н., Осипов М.А. (1993), объем ПЖ, рассчитанный данным способом, в среднем на 10-12% меньше фактического, так как получаемые срезы не охватывают выходной тракт ПЖ [15]. По нашим данным к пятым суткам жизни объемные характеристики ПЖ уменьшаются на 31,2-26,1% по сравнению с первыми сутками. Данную ситуацию объясняет системность ПЖ во внутриутробном периоде, когда на него возлагалась основная гемодинамическая нагрузка. Именно в течение первых пяти суток жизни происходит перераспределение давления в полостях сердца, связанное со стабилизацией легочного кровообращения.

После рождения способность ПЖ поддерживать адекватный легочной кровоток, несмотря на высокое легочное сосудистое сопротивление, может иметь решающее значение для оптимального насыщения кислородом. В первые 12 часов после рождения у 17,5% пациентов регистрировалось повышение среднего давления в стволе легочной артерии до $43,7 \pm 12,8$ мм рт ст. ($p \leq 0,05$) и двунаправленный шунт через открытый артериальный проток (ОАП) и открытое овальное окно. К концу первых суток жизни преобладало лево-правое шунтирование через открытый артериальный проток и открытое овальное окно, а среднее давление в стволе легочной артерии было $27,1 \pm 6,6$ мм рт ст. Со вторых суток жизни – стабилизация среднего давления в легочной артерии, что составило $22,8 \pm 4,1$ мм рт ст., с третьих – $22,2 \pm 2,4$ мм рт ст., с четвертых – $23,2 \pm 3,1$ мм рт ст., с пятых до седьмых суток – $23,4 \pm 3,4$ мм рт ст. Динамика среднего давления в стволе легочной артерии соответствовала физиологическим срокам закрытия артериального протока.

Фракция выброса (ФВ) ПЖ в неонатальном периоде была от $66,6 \pm 6,8\%$ до $67,6 \pm 6,1\%$ ($p \geq 0,05$), что на 8-10% меньше, чем ФВ ЛЖ, что отражает долевым вклад его в выполнении насосной функции.

Фракционное изменение площади (ФИП) высоко коррелирует с функцией ПЖ по данным радионуклидной вентрикулографии или магнитно-резонансной томографии [9]. Средняя величина конечной диастолической площади (Sд) составила $1,98 \pm 0,98$ см², конечная систолическая площадь (Sc) $0,49 \pm 0,24$ см², ФИП $49,7 \pm 7,3\%$, что соответствует нормальным показателям во взрослой популяции.

Одним из информативных и объективных критериев функциональной способности миокарда ПЖ (одновременно систолическая и диастолическая функции) является индекс Теи. Он может использоваться в качестве оценки функции ПЖ в дополнении с другими

количественными и качественными показателями. В ранний неонатальный период диапазон показателя варьировал от $0,22 \pm 0,11$ до $0,29 \pm 0,11$ ($p \geq 0,05$), что было несколько выше в сравнении с показателями ЛЖ (от $0,22 \pm 0,10$ до $0,23 \pm 0,09$). Вариабельность и динамику показателя индекса Теи в ранний неонатальный период можно объяснить, как проявление напряжения ПЖ в условиях гемодинамической нагрузки сразу после рождения и в первый день жизни с последующей его стабилизацией. В ранних работах, посвященных изучению функционального состояния ПЖ у детей в возрасте от 30 дней до 18 лет, индекс $Теи = 0,24 \pm 0,04$ [17]. Во взрослой популяции в норме индекс $Теи ПЖ = 0,28 \pm 0,04$ [7]. По нашим данным у 25,0% новорожденных с задержкой внутриутробного развития имел место гипокинетический тип центральной гемодинамики и индекс $Теи$ составлял $0,33 \pm 0,11$ ($p \leq 0,05$); у 25,0% новорожденных после перенесенной асфиксии тяжелой степени и имели транзиторную постгипоксическую ишемию миокарда индекс $Теи = 0,30 \pm 0,10$. Таким образом, учитывая комплексность показателя, в случае его увеличения можно говорить о доклической стадии миокардиальной дисфункции, в первую очередь – диастолической дисфункции ПЖ и его прогностическом значении.

Этапность становления диастолической функции ПЖ у новорожденных отражена в табл. 2.

Таблица 2

Показатели, характеризующие диастолическую функцию правого желудочка сердца у новорожденных в ранний неонатальный период в зависимости от возраста (в днях)

Показатели Me (Lq; Uq)	1 день жизни (n=63) 1 группа	2 день жизни (n=63) 2 группа	3 день жизни (n=35) 3 группа	4-5 день жизни (n=42) 4 группа
E, см/с	45,1 [37,8; 51,6]	45,8 [34,6; 51,3]	41,1 [37,5; 43,9]	44,0 [33,4; 52,6]
A, см/с	61,9 *** [54,2; 67,3]	54,5 [45,2; 63,8]	59,0 [49,4; 60,9]	50,5 [44,0; 62,0]
E/A, од.	0,8 [0,6; 1,1]	0,8 [0,7; 0,9]	0,7 [0,6; 0,8]	0,8 [0,7; 1,0]
ДТе, мс	57 *** [51; 70]	73* [59; 89]	68 [57; 83]	79 [64; 97]
Дте/RR, ум. од.	0,11 *** [0,11; 0,14]	0,13 [0,12; 0,16]	0,14 [0,11; 0,15]	0,15 [0,13; 0,18]
IVRT, мс	51 [45; 56]	52 [46; 57]	53 [51; 57]	52 [51; 57]
IVRT/RR, ум. од.	0,09 [0,09; 0,10]	0,10 [0,09; 0,11]	0,10 [0,09; 0,11]	0,10 [0,09; 0,11]
Тд, мс	309 [294; 330]	310 [294; 332]	310 [295; 330]	310 [294; 340]
Тд/RR, ум. од.	0,59 [0,53; 0,60]	0,58 [0,53; 0,61]	0,58 [0,53; 0,61]	0,58 [0,53; 0,61]

RR, мс	498 ** [471; 542]	528 [508; 566]	528 [482; 571]	510 [490; 553]
ЧСС, уд/мин.	119 [110; 127]	114 [106; 119]	118 [106; 126]	118 [111; 123]

Примечания: * - вероятность отличий между группами $p1/2 \leq 0,05$; ** - вероятность отличий между группами $p1/3 \leq 0,05$; *** - вероятность отличий между группами $p1/4 \leq 0,05$.

Для раннего неонатального периода характерно перераспределение фазового наполнения ПЖ с преобладанием предсердного компонента. Неустойчивость диастолического наполнения ПЖ объясняется изменениями пред- и постнагрузки на фоне функционирования фетальных коммуникаций (открытое овальное окно, артериальный проток) и сохраняющейся легочной гипертензии.

Тканевое доплеровское картирование не так давно и повсеместно вошло в рутинную неонатальную практику. Высокая информативность метода позволяет оценивать миокардиальные скорости и диагностировать нарушение релаксации на ранней стадии диастолической дисфункции ПЖ. Оно также позволяет оценить глобальную систолическую функцию и диагностировать нарушение релаксации. Поскольку нормативных данных для новорожденных недостаточно, данные, полученные нами, были расценены как опорные. Скорости движения фиброзного кольца трикуспидального клапана перегородочного и бокового отделов отражены в табл. 3. Последние достоверно отличались от показателей взрослой популяции.

Таблица 3

Скоростные и временные параметры движения фиброзного кольца ТК по данным тканевого доплеровского картирования у новорожденных в ранний неонатальный период

Перегородочный отдел					Боковой отдел				
E, см/с	E', см/с	A', см/с	E/A, ед	IVRT, мс	E, см/с	E', см/с	A', см/с	E/A, ед	IVRT, мс
5,9±0,95	6,1±1,0	9,0±1,8	0,7±0,2	59,5±8,9	7,2±1,1	7,5±1,2	10,1±1,7	0,8±0,1	55,1±6,0

Таким образом, использование дополнительных параметров как давление, объем, площадь, скорости, полученные при проведении ДЭХОКГ, являются объективными характеристиками функционального состояния сердца и развития патологии ПЖ.

Выводы:

1. Объем правого желудочка уменьшается в течение первых 2 дней жизни у здоровых доношенных новорожденных.
2. Параметры диастолического наполнения правого желудочка у новорожденных в ранний неонатальный период имеют фазовое перераспределение – с превалированием предсердного компонента.

3. Индекс Теи является наиболее чувствительным показателем нарушения диастолического расслабления ПЖ у новорожденных.
4. Тканевая доплерография позволяет с высокой чувствительностью выявлять систоло-диастолическую дисфункцию миокарда у новорожденных.
5. Функциональные параметры правого желудочка установленные при проведении ДЭХОКГ являются важными для выявления риска развития кардиоваскулярных событий в ранний неонатальный период.

Перспективность исследования: оценка риска и стратификация прогноза развития сердечно-сосудистых расстройств у новорожденных различного срока гестации при наличии миокардиальной дисфункции левого и правого желудочков сердца.

Список литературы:

1. Shingo Kato, Akimasa Sekine, Yuka Kusakawa et al. (2015). Prognostic value of cardiovascular magnetic resonance derived right ventricular function in patients with interstitial lung disease – *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*. doi:10.1186/s12968-015-0113-5.
2. Berezina E. V. (2013) Funktsiya pravogo zheludochka u bolnyih s dekompensatsiey krovoobrascheniya do i posle hirurgicheskogo lecheniya (PhD Thesis). [Right ventricular function in patients with decompensation of blood circulation before and after surgery]. Moskva.
3. Ayrapetyan G.G., Adamyan K.G. (2011). Sistolicheskoe smeschenie trikuspidalnogo koltsa pri ostrom nizhnem infarkte miokarda levogo zheludochka s elevatsiey segmenta ST: prognosticheskoe znachenie i vliyanie na ergometricheskie parametryi [Tricuspid annular plane systolic excursion in acute left ventricular inferior myocardial infarction with ST segment elevation: prognostic importance and influence on ergometric parameters]. *Meditinskaya nauka Armenii NAN RA*.no 1. pp. 80-87.
4. Vojtech Melenovsky, Seok-Jae Hwang, Grace Lin, Margaret M. Redfield, Barry A. Borlaug (2014). Right heart dysfunction in heart failure with preserved ejection fraction. *European Heart Journal*. no 35), pp.3452–3462.
5. Kassem E., Humpl T., Friedberg MK. (2013) Prognostic significance of 2-dimensional, M-mode, and Doppler echo indices of right ventricular function in children with pulmonary arterial hypertension. *Am Heart J*. no 165(6): pp. 1024-31. doi: 10.1016/j.ahj.2013.02.027.
6. Bleeker G.B., Steendijk P., Holman E.R., C-M Yu et al. (2006) Assessing right ventricular function: the role of echocardiography and complementary technologies. *Heart*. no 92(Suppl. 1). pp. 19–26.
7. Robert Safford. (2011) Sovremennaya ehokardiograficheskaya otsenka pravogo zheludochka v klinicheskoy praktike [Modern echocardiographic right ventricular assessment in clinical

- practice]. *Novosti meditsiny i farmatsii. Kardiologiya* (electronic journal) no 359. Available at: <http://www.mif-ua.com/archive/article/16867>
8. Sheehan F., Redington A. (2008) The right ventricle: anatomy, physiology and clinical imaging. *Heart*. vol. 94. no 11. pp. 1510–1515.
 9. Jack F. (2011) Price Unique Aspects of Heart Failure in the Neonate. *Heart Failure in Congenital Heart Disease: From Fetus to Adult*. 176 p.
 10. Madalimov R.R. (2011) Strukturno-funktsionalnyie i gemodinamicheskie parametryi levogo i pravogo zheludochka po dannym tkanevoy dopplerehokardiografii u bolnyih IBS do i posle revaskulyarizatsii miokarda (PhD Thesis). [Structural and functional, hemodynamic parameters of left and right ventricular by data Tissue Doppler Imaging in patients with CHD before and after myocardial revascularization]. Moskva.
 11. Mertens L.L., Friedberg M.K. (2010) Imaging the right ventricle – current state of the art. *Nat Rev Cardiol*. no 7(10). pp. 551 - 63. doi: 10.1038/nrcardio.2010.118.
 12. Avin Calcuttea. (2013) New insights in the assessment of right ventricular function: an echocardiographic study. *Umeå*. 79 p.
 13. Clifford R. Greyson. (2010) The Right Ventricle and Pulmonary Circulation: Basic Concepts. *Rev Esp Cardiol*. vol. 63. no 1. pp. 81-95.
 14. Boichenko A.D., Riga O.O., Senatorova A.V., Merkulov V.V., Nikolaeva L.O., Nikolaeva S.O., Privalova O.V. (2011) Stanovlennya tsentralnoyi gemodinamiki u zdorovih novonarodzhenih [Becoming of central hemodynamic at healthy newborn]. *Zdorove rebenka*. no 2 (29). pp. 103-106.
 15. Schiller N. Osipov M.A. (1993) *Clinical Echocardiography*. 347 p.
 16. Lebid I.G. (2005) Sposib viznachennya funktsiyi pravogo shlunochka u novonarodzhenih. Deklaratsiyniy patent na korisnu model [The method of the function of the right ventricle in infants. Patent for utility model]. Bul. no 3.
 17. John A. Lakoumentas, Fotis K. Panou, Vasiliki K. Kotseroglou, Konstantina I. Aggeli, Panagiotis K. Harbis (2005) The Tei Index of Myocardial Performance: Applications in Cardiology. *Hellenic J Cardiol*. vol.46: pp.52-58