



Оценка эффективности планового чрескожного коронарного вмешательства как метода восстановления функции правого желудочка

Tabl M.A.*, Ramzy A., Bastawest R., Mohamed A., Farag E.

Университет Бенхи (Benha University) и Университет Загазига (Zagazig University), Египет

Авторы:

Mohamed Abdel Shafy Mohammady Tabl, преподаватель кардиологии, Медицинский факультет, Университет Бенхи, провинция Аль-Кальюбия, Бенха, Египет;

Ahmed Mohamed Ramzy Ahmed, преподаватель кардиологии, Медицинский факультет, Университет Бенхи, провинция Аль-Кальюбия, Бенха, Египет;

Reda Bayoumy Bastawest Mohamed, доцент кафедры кардиологии, Медицинский факультет, Университет Бенхи, Бенха, Египет;

Ahmed Abdel Moniem Mohamed, профессор кафедры кардиологии, Медицинский факультет, Университет Бенхи, Бенха, Египет;

El Sayed Farag, доцент кафедры кардиологии, Медицинский факультет, Университет Загазига, Египет.

Резюме

Цель

Оценка раннего эффекта успешно проведенного планового чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) на правой коронарной артерии (ПКА) на систолическую и диастолическую функции правого желудочка (ПЖ).

Материал и методы

В исследование были включены 30 произвольно отобранных пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца (ИБС) и клинически значимым поражением ПКА, которым проводилось плановое ЧКВ. У всех пациентов в начале исследования и в течение 24 ч после ЧКВ определяли ряд эхокардиографических показателей для оценки систолической и диастолической функций ПЖ. Тканевую доплеровскую визуализацию в импульсно-волновом режиме (ТДВ ИВ) проводили с оценкой движений трикуспидального клапана на уровне латерального края его фиброзного кольца. При этом регистрировались три волны максимальной скорости

движения миокарда в этой области (в см/сек) – Sa (систолическая), Ea (ранняя диастолическая) и Aa (поздняя диастолическая), а также отношение скоростей движения трикуспидального кольца Ea/Aa .

Результаты

Отмечено статистически значимое раннее продолжительное улучшение систолической и диастолической функций ПЖ в течение первых 24 ч после успешного проведения ЧКВ. Это подтверждается значительным увеличением волн Sa и Ea , а также отношением Ea/Aa по сравнению с исходными значениями ($p < 0,001$). В то же время подобное улучшение в ранние сроки не наблюдается при изучении других эхокардиографических показателей, в т. ч. конечного диастолического размера ПЖ (КДР ПЖ), отношения конечного диастолического размера ПЖ и левого желудочка (КДР ПЖ / КДР ЛЖ), нарушений движения стенок ПЖ и доплеровских показателей кровотока через трикуспидальный клапан.

Заключение

Систолическая и диастолическая функции ПЖ улучшались в течение нескольких часов после ЧКВ на ПКА у пациентов со стабильной ИБС. Оценка движений миокарда при помощи ИВ ТДВ на уровне латерального края фиброзного кольца трикуспидального клапана помогает в самые ранние сроки выявить улучшение функций ПЖ после успешного проведения планового ЧКВ у таких пациентов.

Ключевые слова

Чрескожное коронарное вмешательство, эхокардиография, ишемическая болезнь сердца, тканевая доплеровская визуализация.

Evaluation of the effect of elective percutaneous coronary intervention as a treatment method for right ventricular function

Tabl M.A.*, Ramzy A., Bastawest R., Mohamed A., Farag E.

Authors:

Mohamed Abdel Shafy Mohammady Tabl, MD, Lecturer of Cardiology, Faculty of Medicine, Benha University, Al Qalyubia Governorate, Banha, Egypt;

Ahmed Mohamed Ramzy Ahmed, MD, Lecturer of Cardiology, Faculty of Medicine, Benha University, Al Qalyubia Governorate, Banha, Egypt;

Reda Bayoumy Bastawest Mohamed, MD, Assistant Professor of Cardiology, Faculty of Medicine, Benha University, Bahna, Egypt;

Ahmed Abdel Moniem Mohamed, MD, Professor of Cardiology, Faculty of Medicine, Benha University, Bahna, Egypt;

El Sayed Farag, MD, Assistant Professor of Cardiology, Faculty of Medicine, Zagazig University, Egypt.

Abstract

Objective

This study aimed to evaluate the early effects of successful elective percutaneous coronary intervention (PCI) of the right coronary artery (RCA) on right ventricular (RV) systolic and diastolic functions.

Materials and methods

Thirty consecutive patients with stable coronary artery disease (CAD) and significant RCA lesion, who underwent elective PCI, were included in this study. For all patients, echocardiographic parameters were assessed at baseline and within 24 hours after PCI to evaluate RV systolic and diastolic functions. Pulsed wave tissue Doppler imaging (PW TDI) was done using tricuspid inflow velocities at lateral angle of the tricuspid valve annulus, including Sa , Ea , and Aa wave peak velocities (in cm/sec) and Ea/Aa ratio of tricuspid annular velocities.

Results

We found statistically significant early improvement of RV longitudinal systolic and diastolic functions within 24 hours after successful PCI documented by a significant increase in Sa , Ea waves, and Ea/Aa ratio at lateral angle of the tricuspid valve annulus compared with baseline values ($P < 0.001$), while this early improvement was not detected by

conventional echocardiographic parameters including right ventricular end-diastolic dimension (RVEDd), RVEDd/left ventricular end-diastolic dimension (LVEDd), RV wall motion abnormalities, and transtricuspid Doppler measurements.

Conclusion

Both RV systolic and diastolic functions improved within hours after PCI of the RCA in patients with stable CAD. PW TDI velocities at the lateral tricuspid valve annulus were the earliest index of early improvements in RV functions following successful elective PCI in such patients.

Keywords

Percutaneous coronary intervention, echocardiography, coronary artery disease, tissue Doppler imaging

Список сокращений

ИБС	ишемическая болезнь сердца
КДР ЛЖ	конечный диастолический размер левого желудочка
КДР ПЖ	конечный диастолический размер правого желудочка
ЛЖ	левый желудочек
НДС ПЖ	нарушения движения стенки правого желудочка
ПЖ	правый желудочек
ПКА	правая коронарная артерия
ТДВ	тканевая доплеровская визуализация

ТДВ ИВ	ТДВ в импульсно-волновом режиме
ФВ	фракция выброса
ФВ ЛЖ	фракция выброса левого желудочка
ЧКВ	чрескожное коронарное вмешательство
ЭКГ	электрокардиография
ЭхоКГ	эхокардиография
2D-ЭхоКГ	двухмерная эхокардиография

Введение

Физиологическое значение правого желудочка (ПЖ) в значительной степени недооценено. В основном ПЖ рассматривают с точки зрения прохождения через него крови, в то время как его сократительная функция считалась гемодинамически незначимой [1, 2]. Следует учитывать, что дисфункция ПЖ может оказывать отрицательное влияние на функцию левого желудочка (ЛЖ), притом не только за счет ограничения преднагрузки на ЛЖ, но и посредством неблагоприятного воздействия через внутривентрикулярную перегородку и перикард (желудочковая взаимозависимость) [3–9]. Для оценки функции ПЖ в клинике, как правило, применяются неинвазивные методы визуализации. Исследование ПЖ при помощи двухмерной эхокардиографии (2D-ЭхоКГ) затруднено вследствие его сложной анатомии [10]. В последнее время был предложен ряд альтернативных методов, включая тканевую доплеровскую визуализацию (ТДВ), трехмерную ЭхоКГ и магнитно-резонансную томографию (МРТ) [11–17]. Оценка систолической скорости движения миокарда (Sa) со стороны латерального края фиброзного кольца трикуспидального клапана позволяет в динамике оценивать систолическую функцию ПЖ, при этом полученные показатели коррелируют с изменениями фракции вы-

броса ПЖ. Уменьшение Sa может быть обнаружено в пределах 15 сек. от начала ишемии, а региональное уменьшение Sa коррелирует с наличием региональных аномалий движения стенки желудочка. Возможность использования ТДВ для выявления ишемии подтверждена в различных экспериментальных и клинических исследованиях [18–19].

Цель настоящего исследования — оценка раннего влияния успешно проведенного планового чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) на правой коронарной артерии (ПКА) на систолическую и диастолическую функцию ПЖ у пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца (ИБС).

Материал и методы

В исследовании приняли участие 30 пациентов со стабильным течением ИБС, которым было запланировано проведение планового ЧКВ на ПКА в Университетской больнице Бенхи в период с июля 2014 г. по февраль 2015 г. В исследование были включены пациенты с ангиографически подтвержденным изолированным стенозом ПКА на >70% диаметра по данным визуальной оценки, а также задокументированным наличием ишемии. У всех вошедших в исследование пациентов присутствовала стабильная стенокардия и подтвержденный положительный результат стресс-теста. Из

исследования были исключены пациенты >75 лет; лица со значительным поражением левой коронарной артерии, блокадой левой ножки пучка Гиса, любым ритмом, кроме синусового, пороками сердца, кардиомиопатией, хронической обструктивной болезнью легких или легочной гипертензией. Поражения ПКА классифицировались исходя из локализации поражения. К окклюзии ПКА в проксимальном сегменте были отнесены участки поражения в части артерии до отхождения ветви острого края (ОК), а любое поражение сразу после ветви ОК было названо окклюзией ПКА в непроксимальном сегменте. Это было направлено на выявление потенциальных различий непосредственного воздействия реваскуляризации проксимального участка ПКА на функцию ПЖ по сравнению с реваскуляризацией дистальных участков ПКА. Успешной считалась реваскуляризация с остаточным стенозом <30 % диаметра просвета и с кровотоком 3-й степени по шкале тромболитизиса при инфаркте миокарда TIMI (Thrombolysis In Myocardial Infarction) [20]. Пациенты с недостаточным эффектом от ЧКВ были исключены из исследования. Всем участникам исследования в соответствии с действующими рекомендациями было выполнено прямое стентирование или стентирование после успешно проведенной ангиопластики [20]. Все пациенты получали гепарин до достижения целевого уровня активированного частичного тромбопластинового времени (200–300 сек), а также клопидогрел в стандартной дозировке. Все участники исследования подписали письменное информированное согласие.

Всем пациентам проводили ЭхоКГ с использованием ультразвукового сканера Vivid-S5 (GE) — устройства с возможностью выполнения ТДВ ИВ. Процедура проводилась за один день до ЧКВ и через 24 ч после его успешного выполнения, в соответствии с последними рекомендациями Американского общества ЭхоКГ по оценке функции ПЖ [21]. Все медицинские работники, проводившие ЭхоКГ, не имели информации о результатах ангиографического исследования пациентов. Использовались следующие методы:

- ЭхоКГ в М-режиме с целью оценки КДР ЛЖ в мм.
- 2D-ЭхоКГ с целью оценки КДР ПЖ, отношения КДР ПЖ / КДР ЛЖ и фракции выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ, %) с использованием модифицированного правила Симпсона, которое также использовали для изучения нарушений движения стенки ПЖ (НДС ПЖ), включающих гипокинезию,

акинезию и дискинезию в апикальной, средней или базальной части свободной стенки ПЖ.

- Допплеровская регистрация скорости движения миокарда в области трикуспидального клапана, в т.ч. максимальная ранняя диастолическая скорость движения миокарда (Ea), максимальная предсердная диастолическая скорость движения миокарда (Aa) в см/секунду, а также отношение E/A.
- ТДВ в импульсно-волновом режиме (ТДВ ИВ) с оценкой движений на уровне латерального края фиброзного кольца трикуспидального клапана, с регистрацией максимальной систолической скорости движения миокарда (Sa), максимальной ранней (Ea) и поздней (Aa) диастолической скорости движения миокарда (в см/сек), а также отношения Ea/Aa [21].

Статистический анализ. Полученные данные были сведены в таблицу, и проанализированы с использованием программы SPSS (статистический пакет для социальных наук) версии 17.0 на компьютере, совместимом с IBM. Вычислялись: процентное отношение (%), среднее значение (x) и стандартное отклонение (SD); для оценки улучшения функций ПЖ использовался непараметрический критерий Манна-Уитни; значение $p < 0,05$ было принято за статистически значимое [22].

Результаты

В общей сложности в рамках исследования было проанализированы результаты обследования 30 пациентов, перенесших успешное ЧКВ на ПКА. Исходные характеристики выборки продемонстрировали незначительные различия между участниками, и обобщены в табл. 1. Спустя 1 сут. после вмешательства отмечалось статистически незначимое улучшение показателей ЭхоКГ в 2D-

Таблица 1

Исходные характеристики пациентов

	Исследуемая выборка (n=30)
Демографические показатели:	
Средний возраст, лет	57,43±7,54*
Лица мужского пола, (%)	24 (80%)
Пациенты с артериальной гипертензией, (%)	21 (70%)
Пациенты с сахарным диабетом, (%)	12 (40%)
Курильщики, (%)	22 (73,3%)
Пациенты с отягощенной наследственностью, (%)	6 (20%)
Ангиографические показатели:	
Окклюзия ПКА в проксимальном сегменте с нарушением проходимости ветвей к ПЖ (%)	23 (76,7%)
Окклюзия ПКА в других сегментах, кроме проксимального (%)	7 (23,3%)

Примечание: *Среднее ± стандартное отклонение.

Таблица 2

Стандартные ЭхоКГ показатели до и после успешно проведенного ЧКВ

Метод	Показатель	До ЧКВ	После ЧКВ	р
2D-ЭхоКГ				
	КДР ЛЖ*	4,80±0,81	4,80±0,81	—
	КДР ПЖ*	2,23±0,63	2,27±0,58	0,3
	КДР ПЖ / КДР ЛЖ*	0,477±0,49	0,478±0,48	0,32
	НДС ПЖ			
	Гипокинезия	6 (20%)	6 (20%)	—
	Верхушечная	3 (10%)	3 (10%)	
	Базальная	3 (10%)	3 (10%)	
	Нормальное движение стенок	24 (80%)	24 (80%)	—
ЭхоКГ в М-режиме				
	ФВЛЖ (%)*	61,67±9,46	61,53 ± 9,49	0,4
Допплер ЭхоКГ				
	Волна Е с трикуспидального клапана	49,6 ± 10,57	49,33 ± 10,92	0,83
	Волна А с трикуспидального клапана	72,5 ± 22,79	71,5 ± 20,82	0,67
	Отношение Е/А с трикуспидального клапана	0,97 ± 0,32	1,0 ± 0,26	0,32

Примечание: *Среднее ± стандартное отклонение, НДС ПЖ — нарушения движения стенок правого желудочка.

Таблица 3

Оценка движений миокарда при помощи ТДВ на уровне латерального края фиброзного кольца трикуспидального клапана до и после успешного проведения ЧКВ*

Метод	Показатель	До ЧКВ	После ЧКВ	р
ТДВ (см/сек)				
	Sa*	10,37±4,12	11,67 ± 3,99	<0,001
	Ea*	8,53 ± 2,79	9,57 ± 3,01	<0,001
	Aa*	14,63 ± 5,59	14,37 ± 5,54	0,11
	Отношение Ea/Aa*	0,77 ± 0,43	0,93 ± 0,25	0,03

Примечание: *Среднее ± стандартное отклонение.

и М-режиме, в т. ч. КДР ПЖ, КДР ЛЖ, КДР ПЖ / КДР ЛЖ, ФВ ЛЖ, и нарушений движения стенки ПЖ, по сравнению с исходными значениями (р=0,26, 0,3, 0,32 и 0,4, соответственно). Через 1 сут. после вмешательства было выявлено статистически незначимое улучшение результатов стандартного доплеровского исследования, включая средний размер Е-волны через трикуспидальный клапан,

средний размер А-волны и среднее отношение Е/А, по сравнению с началом исследования (р=0,83, 0,67 и 0,32, соответственно) (табл. 2). В то же время отмечалось существенное статистически значимое улучшение показателей ТДВ ИВ, в т. ч. среднего размера волны Sa – 10,37±4,12 см/сек исходно и 11,67±3,99 см/сек через 1 сут. после вмешательства (р<0,001), среднего размера волны Ea – 8,53±2,79 см/сек и 9,57±3,01 см/сек, соответственно (р<0,001) и среднего отношения Ea/Aa – 0,77±0,43 см/сек и 0,93±0,25 см/сек, соответственно (р=0,03). Было выявлено неожиданное статистически незначимое улучшение такого показателя, как средний размер волны Aa – 14,63±5,59 см/сек и 14,37±5,54 см/сек, соответственно (р=0,11), (табл. 3 и рис. 1). Анализ показал, что у 23 (76,7%) больных отмечалось поражение проксимального участка ПКА, а у 7 (23,3%) пациентов имела место окклюзия ПКА в непроксимальных отделах. Пациенты, перенесшие ЧКВ по поводу проксимальной окклюзии, продемонстрировали значимое улучшение

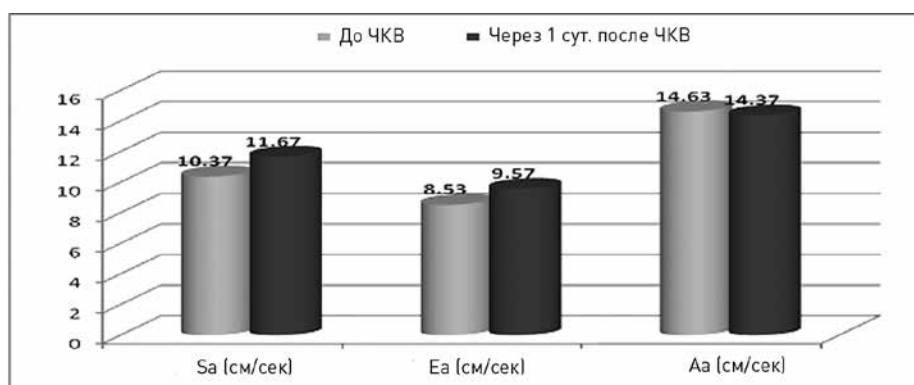


Рис. 1. Оценка движений миокарда при помощи ТДВ на уровне латерального края фиброзного кольца трикуспидального клапана до и после успешного проведения ЧКВ

Таблица 4

Улучшение показателей двигательной активности миокарда по данным ТДВ на уровне латерального края фиброзного кольца трикуспидального клапана при предшествующей окклюзии в проксимальном и непроксимальных сегментах

	Улучшение (После — До)		U-критерий Манна-Уитни	p
	Окклюзия ПКА в проксимальном сегменте (n=23)	Окклюзия ПКА в непроксимальном сегменте (n=7)		
Sa (см/сек) *	1,50±0,67	0,75±0,89	2,07	0,04
Ea (см/сек) *	1,23±0,43	0,50±1,19	1,74	0,03

* Среднее ± стандартное отклонение.

систолической и ранней диастолической функций ПЖ по сравнению с лицами, перенесшими ЧКВ по поводу дистальной окклюзии ПКА ($p=0,04$ и $0,03$, соответственно) (табл. 4). Анализ таких социально-демографических факторов, как возраст, пол, наличие сахарного диабета, гипертензии, никотиновой зависимости, дислипидемии или отягощенной наследственности показал, что все вышеперечисленные факторы, кроме возраста, не оказывали статистически значимого влияния на функцию ПЖ. У пациентов в возрасте <50 лет (13,3%) выявлялось статистически значимое улучшение Sa ПЖ и статистически незначимое улучшение Ea ($p=0,62$) по сравнению с пациентами в возрасте 50–75 лет ($p=0,03$).

Обсуждение

В рамках представленного исследования у 30 пациентов с изолированным поражением ПКА через 1 сут. после вмешательства отмечалось выраженное статистически значимое улучшение систолической подвижности миокарда со стороны латерального края фиброзного кольца трикуспидального клапана по сравнению с исходным значением ($p<0,001$). Полученные результаты совпадают с результатами исследований [23–24], в которые вошли 24 и 25 пациентов с хронической ИБС, соответственно. Не у всех участников имело место изолированное поражение ПКА. Результаты обоих исследований позволили выявить статистически значимое улучшение Sa ($p<0,05$ и $<0,001$, соответственно).

В представленном исследовании также отмечалось статистически значимое улучшение Ea ($p<0,001$). Эти результаты также совпали с данными, согласно которым, наблюдалось статистически значимое улучшение ранней диастолической подвижности ($p<0,05$ и $<0,001$, соответственно) [23–24]. В представленной работе неожиданно были выявлены статистически незначимые изменения Aa ($p=0,11$). Это наблюдения не совпадали с результатами работы [23], где было выявлено значимое

улучшение как ранней, так и поздней диастолической подвижности миокарда после ЧКВ. Это могло быть связано с тем, что имел место длительный период наблюдения (6 нед.), а в представленном исследовании — одни сутки [23].

В настоящем исследовании отмечено статистически значимое увеличение отношения Ea/Aa со стороны латерального края фиброзного кольца трикуспидального клапана ($p=0,03$), главным образом за счет значительного увеличения Ea. В то же время в работе [24] увеличение отношения Ea/Aa было статистически незначимым ($p>0,05$), поскольку в этой работе наблюдалось небольшое улучшение как Ea, так и Aa. Уникальной особенностью представленного исследования явилось то, что всем участникам проводилось вмешательство на коронарных сосудах правых отделов сердца, поэтому результаты ТДВ в большей степени демонстрировали влияние ЧКВ на функцию ПЖ. С другой стороны, в работах [23, 24] изучались показатели пациентов с поражением одного коронарного сосуда: ПКА, передней нисходящей ветви левой коронарной артерии или огибающей ветви левой коронарной артерии, а также с поражением двух сосудов. В связи с этим полученные в ходе этих исследований результаты демонстрировали меньшее влияние ЧКВ на функцию ПЖ и спорное улучшение показателей ТДВ со стороны латерального края фиброзного кольца трикуспидального клапана. Улучшение Ea ПЖ было более выраженным, чем улучшение Aa ПЖ и отношения Ea/Aa. Это может быть связано с тем, что раннее расслабление миокарда является активным и энергозависимым процессом, требующим энергии для захвата Ca^{2+} Ca^{2+} -АТФазой саркоплазматического ретикулума. При возникновении ишемии снижение продукции АТФ ведет к задержке и замедлению расслабления миокарда, но этот процесс имеет тенденцию к быстрому восстановлению после ревазуляризации [25–26].

Проксимальная окклюзия ПКА на уровне правожелудочковой ветви у пациентов с ИБС может способствовать более выраженному повреждению ПЖ

[27]. В представленном исследовании пациенты, перенесшие ЧКВ в связи с поражением проксимальных отделов ПКА, демонстрировали значительное улучшение систолической и диастолической функции ПЖ по сравнению с больными, которым проводилось ЧКВ по поводу непроксимального поражения ПКА ($p=0,04$ и $0,03$, соответственно). Полученные результаты доказывают, что устранение ишемии в результате успешного выполнения ЧКВ на участке проксимальнее правожелудочковой ветви может способствовать и коррелировать с более быстрым улучшением систолической и диастолической функций ПЖ, что подтверждается результатами ТДВ ИВ. Полученные в ходе исследования результаты коррелируют с данными исследования, опубликованного в *Indian Heart Journal* в 2013 г. В рамках этой работы определение систолического смещения трикуспидального кольца, индекса производительности миокарда и проведение ТДВ ИВ со стороны свободной стенки позволили выявить статистически значимые различия функции ПЖ у пациентов, перенесших окклюзию проксимальных и дистальных отделов ПКА с развитием инфаркта миокарда нижней стенки с подъемом сегмента ST [28].

Ограничением исследования можно назвать относительно небольшое число участников. Ограничением также явилось непродолжительное наблюдение за состоянием миокарда, поскольку функции ПЖ могут улучшаться в течение некоторого времени после ЧКВ на ПКА. Еще одним недостатком исследования можно считать то, что при его проведении не оценивалось клиническое улучшение наряду с ЭхоКГ показателями. В то же время, в данном исследовании впервые охватывается широкий спектр ЭхоКГ показателей оценки функций ПЖ после планового ЧКВ на ПКА у пациентов со стабильной ИБС.

Заключение

Плановое ЧКВ на ПКА в короткие сроки приводит к улучшению систолической и диастолической функций ПЖ. ТДВ является чувствительным методом, позволяющим обнаружить улучшение функции ПЖ в самые ранние сроки после успешного выполнения планового ЧКВ на ПКА.

Конфликт интересов: не заявлен.

Литература

1. Starr I, Jeffers WA, Meade RH Jr. The absence of conspicuous increments of venous pressure after severe damage to the right ventricle of the dog, with a discussion of the relation between clinical congestive failure and heart disease. *Am Heart J.* 1943;26(3):291–301.
2. Nagel E, Stuber M and Hess OM. Importance of the right ventricle in valvular heart disease. *Eur Heart J.* 1996;17(6): 829–36.
3. Graham TP Jr, Bernard YD, Mellen BG, et al. Long-term outcome in congenitally corrected transposition of the great arteries: a multi-institutional study. *JACC.* 2000;36(1):255–61.
4. Burgess MI, Mogulkoc N, Bright-Thomas RJ, et al. Comparison of echocardiographic markers of right ventricular function in determining prognosis in chronic pulmonary disease. *J Am Soc Echocardiogr.* 2002;15(6):633–9.
5. D'Alonzo GE, Barst RJ, Ayres SM, et al. Survival in patients with primary pulmonary hypertension. Results from a national prospective registry. *Ann Intern Med.* 1991;115(5):343–9.
6. Mehta SR, Eikelboom JW, Natarajan MK, et al. Impact of right ventricular involvement on mortality and morbidity in patients with inferior myocardial infarction. *JACC.* 2001;37(1):37–43.
7. Zehender M, Kasper W, Kauder E, et al. Eligibility for and benefit of thrombolytic therapy in inferior myocardial infarction: focus on the prognostic importance of right ventricular infarction. *JACC.* 1994;24(2):362–9.
8. De Groote P, Millaire A, Foucher-Hossein C, et al. Right ventricular ejection fraction is an independent predictor of survival in patients with moderate heart failure. *JACC.* 1998;32(4):948–54.
9. Gavazzi A, Berzuini C, Campana C, et al. Value of right ventricular ejection fraction in predicting short-term prognosis of patients with severe chronic heart failure. *J Heart Lung Transplant.* 1997;16(7):774–85.
10. Borer JS, Hochreiter CA, Supino PG, et al. Importance of right ventricular performance measurement in selecting asymptomatic patients with mitral regurgitation for valve surgery. *Adv Cardiol.* 2002;39:144–52.
11. Vogel M, Derrick G, White PA, et al. Systemic ventricular function in patients with transposition of the great arteries after atrial repair: a tissue Doppler and conductance catheter study. *JACC.* 2004;43(1):100–6.
12. Krenning BJ, Voormolen MM, Roelandt JR. Assessment of left ventricular function by three-dimensional echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound.* 2003;1:12.
13. Kass DA, Maughan WL, Guo ZM, et al. Comparative influence of load versus inotropic states on indexes of ventricular contractility: experimental and theoretical analysis based on pressure-volume relationships. *Circulation.* 1987;76(6):1422–36.
14. De Vroomen M, Cardozo RH, Steendijk P, et al. Improved contractile performance of right ventricle in response to increased RV afterload in newborn lamb. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2000;278(1):100–5.

15. Brookes CI, White PA, Bishop AJ, et al. Validation of a new intraoperative technique to evaluate load-independent indices of right ventricular performance in patients undergoing cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;116(3):468–76.
16. Leeuwenburgh BP, Steendijk P, Helbing WA, Baan J. Indexes of diastolic RV function: load dependence and changes after chronic RV pressure overload in lambs. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2002;282(4):1350–8.
17. Lopes Cardozo RH, Steendijk P, Baan J, et al. Right ventricular function in respiratory distress syndrome and subsequent partial liquid ventilation. Homeometric autoregulation in the right ventricle of the newborn animal. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;162(2 Pt 1):374–9.
18. Alam M, Wardell J, Andersson E, et al. Right ventricular function in patients with first inferior myocardial infarction: assessment by tricuspid annular motion and tricuspid annular velocity. *Am Heart J.* 2000;139(4):710–5.
19. Bach DS, Armstrong WF, Donovan CL, Muller DW. Quantitative Doppler tissue imaging for assessment of regional myocardial velocities during transient ischemia and reperfusion. *Am Heart J.* 1996;132(4):721–5.
20. Smith SC, Feldman TE, Hirshfeld JW, et al. ACC/AHA/SCAI 2005 guideline update for percutaneous coronary intervention: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/SCAI Writing Committee to Update the 2001 Guidelines for Percutaneous Coronary Intervention). *JACC.* 2006;113(1):156–75.
21. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr.* 2005;18(12):1440–63.
22. Spurrier NJ, Sawyer MG, Clark JJ, Baghurst P. Socio-economic differentials in the health-related quality of life of Australian children: results of a national study. *Aust N Z J Public Health.* 2003;27(1):27–33.
23. Diller GP, Wasan BS, Thoma SA, et al. Evaluation of improved myocardial function in patients with chronic stable angina and apparent normal ventricular function — a tissue Doppler study before and after percutaneous coronary intervention. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22(2):177–82.
24. Rashid H, Abdel-Moniem A, Email S. Evaluation of myocardial function in patients with chronic stable angina and apparent normal ventricular function (Tissue Doppler study before and after PCI). *Heart Mirror J.* 2012;6(2):141–7.
25. Opie LH. Mechanisms of cardiac contraction and relaxation. In: Braunwald E, editor. *Heart disease: a textbook of cardiovascular medicine.* 5 ed. Philadelphia: WB Saunders; 1997. p. 360–93.
26. Isaz K, Thompson A, Ethevenot G, et al. Doppler echocardiographic measurement of low velocity motion of the left ventricle walls. *Am J Cardiol.* 1989;64(1):66–75.
27. Masuyama T, Kodama K, Nakatani S, et al. Effects of changes in coronary stenosis on left ventricular diastolic filling assessed with pulsed Doppler echocardiography. *JACC.* 1989;64(1):66–75.
28. Rajesh GN, Raju D, Nandan D, et al. Echocardiographic assessment of right ventricular function in inferior wall myocardial infarction and angiographic correlation to proximal right coronary artery stenosis. *Indian Heart J.* 2013;65(5):522–8.