Деформация миокарда при инфаркте правого желудочка и тромбоэмболии легочной артерии

Мазур Е. С.¹, Мазур В. В.¹, Рабинович Р. М.², Мясников К. С.², Орлов Ю. А.¹

Цель. Изучить возможность использования показателей продольной систолической деформации миокарда правого желудочка (ПЖ) для дифференциальной диагностики инфаркта ПЖ (ИМПЖ) и тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА).

Материал и методы. В исследование включено 83 пациента, находившихся на лечении в отделении кардиологии с палатой реанимации и интенсивной терапии с ИМПЖ или ТЭЛА с декабря 2017г по май 2019г. Изучение продольной систолической деформации (стрейна) ПЖ в режиме двухмерного отслеживания пятен серой шкалы ультразвукового изображения (speckle tracking) проведено 30 больным ИМПЖ (1-я группа), 15 больным ТЭЛА высокого риска (2-я группа) и 38 больным ТЭЛА промежуточного риска (3-я группа).

Результаты. Средние величины глобального стрейна ПЖ у больных 1-й и 2-й группы не различались ($12,8 \pm 2,69$ и $12,0 \pm 2,56\%$) и были достоверно ниже, чем у больных 3-й группы ($15,9 \pm 3,03\%$). При этом отношение стрейна межжелудочковой перегородки (МЖП) к стрейну свободной стенки ПЖ (ССПЖ) в 1-й группе ($1,04 \pm 0,43$) в среднем было достоверно ниже, чем во 2-й ($1,61 \pm 0,52$) и 3-й ($1,29 \pm 0,38$). Отношение стрейна базального сегмента СППЖ к стрейну апикального сегмента у больных 1-й группы ($0,60 \pm 0,37$) также было достоверно ниже, чем у больных 2-й ($1,69 \pm 1,57$) и 3-й ($1,67 \pm 1,33$) группы.

Заключение. При ИМПЖ отмечается сопоставимое снижение продольного стрейна СППЖ и МЖП, причем стрейн базальных сегментов снижается в большей мере, чем апикальных. При ТЭЛА снижение стрейна СППЖ более выражено, чем снижение стрейна МЖП, а снижение стрейна апикальных сегментов более выражено, чем базальных. Указанные различия могут быть использованы для дифференциальной диагностики ИМПЖ и ТЭЛА.

Ключевые слова: деформация миокарда правого желудочка, инфаркт правого желудочка, тромбоэмболия легочной артерии.

Отношения и деятельность: нет.

¹ФГБОУ ВО Тверской государственный медицинский университет Минздрава России, Тверь; ²ГБУЗ Областная клиническая больница Тверской области, Тверь, Россия.

Мазур Е. С.* — д.м.н., профессор, зав. кафедрой госпитальной терапии и профессиональных болезней, ORCID: 0000-0002-8879-3791, Мазур В. В. — д.м.н., профессор кафедры госпитальной терапии и профессиональных болезней, ORCID: 0000-0003-4818-434X, Рабинович Р. М. — к.м.н., зав. отделением кардиологии с палатой реанимации и интенсивной терапии, ORCID: 0000-0002-1562-6212, Мясников К. С. — врач отделения кардиологии с палатой реанимации и интенсивной терапии, ORCID: 0000-0002-0784-5845, Орлов Ю. А. — к.м.н., доцент кафедры госпитальной терапии и профессиональных болезней, ORCID: 0000-0001-9114-0436.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
mazur-tver@mail.ru

Б/А — отношение стрейна базального сегмента к стрейну апикального сегмента, ИМПЖ — инфаркт миокарда правого желудочка, МЖП — межжелудочковая перегородка, ПЖ — правый желудочек, ПКА — правая коронарная артерия, СППЖ — свободная стенка правого желудочка, ТЭЛА — тромбоэмболия легочной артерии, TAPSE — амплитуда систолического смещения кольца трикуспидального клапана.

Рукопись получена 30.01.2020

Рецензия получена 14.02.2020

Принята к публикации 16.02.2020

Для цитирования: Мазур Е. С., Мазур В. В., Рабинович Р. М., Мясников К. С., Орлов Ю. А. Деформация миокарда при инфаркте правого желудочка и тромбоэмболии легочной артерии. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(2):3731.

doi:10.15829/1560-4071-2020-2-3731

Cardiac strain in right ventricular myocardial infarction and pulmonary embolism

Mazur E. S.¹, Mazur V. V.¹, Rabinovich R. M.², Myasnikov K. S.², Orlov Yu. A.¹

Aim. To study the prospects of using parameters of right ventricle (RV) longitudinal strain (LS) during systole for the differential diagnosis of RV myocardial infarction (RVMI) and pulmonary embolism (PE).

Material and methods. The study included 83 patients who were hospitalized with RVMI or PE in the period from December 2017 to May 2019. The study of RV LS using the two-dimensional speckle-tracking echocardiography was carried out in 30 patients with RVMI (group 1), 15 patients with high-risk PE (group 2), and 38 patients with intermediate-risk PE (group 3).

Results. The mean values of RV global LS in patients of groups 1 and 2 did not differ ($12,8 \pm 2,69$ and $12,0 \pm 2,56\%$, respectively) and were significantly lower than in patients of group 3 ($15,9 \pm 3,03\%$). The ratio of the interventricular septum (IVS) LS to the RV free wall (FW) LS in the group 1 ($1,04 \pm 0,43$) was significantly lower than in the groups 2 ($1,61 \pm 0,52$) and 3 ($1,29 \pm 0,38$). The ratio of the LS of the RVFW basal segment to the apical segment in group 1 ($0,60 \pm 0,37$) was also significantly lower than in groups 2 ($1,69 \pm 1,57$) and 3 ($1,67 \pm 1,33$).

Conclusion. In patients with RVMI, there is a comparable decrease in the LS of the RVFW and IVS, and the LS of the basal segment decreases to a greater extent than

the apical one. In patients with PE, the decrease in the LS of the RVFW is more pronounced than in IVS, and the LS of the apical segment decreases to a greater extent than the basal one. These differences can be used for the differential diagnosis of RVMI and PE.

Key words: right ventricular strain, right ventricular myocardial infarction, pulmonary embolism.

Relationships and Activities: not.

¹Tver State Medical University, Tver; ²Regional Clinical Hospital, Tver, Russia.

Mazur E. S. ORCID: 0000-0002-8879-3791, Mazur V. V. ORCID: 0000-0003-4818-434X, Rabinovich R. M. ORCID: 0000-0002-1562-6212, Myasnikov K. S. ORCID: 0000-0002-0784-5845, Orlov Yu. A. ORCID: 0000-0001-9114-0436.

Received: 30.01.2020 **Revision Received:** 14.02.2020 **Accepted:** 16.02.2020

For citation: Mazur E. S., Mazur V. V., Rabinovich R. M., Myasnikov K. S., Orlov Yu. A. Cardiac strain in right ventricular myocardial infarction and pulmonary embolism.

Russian Journal of Cardiology. 2020;25(2):3731. (In Russ.) doi:10.15829/1560-4071-2020-2-3731

Согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов 2019г [1], эхокардиографическое исследование служит методом выбора при подозрении на тромбоэмболию легочной артерии (ТЭЛА) как причину развития шока. Выявление признаков перегрузки правого желудочка (ПЖ) служит достаточным основанием для диагностики ТЭЛА, если проведение мультиспиральной компьютерной ангиопульмонографии невозможно. Тем не менее, в рекомендациях отмечается, что для дифференциальной диагностики инфаркта миокарда ПЖ (ИМПЖ) и ТЭЛА могут потребоваться дополнительные эхокардиографические критерии.

Основанием для такой оговорки послужили результаты исследования Casazza F, et al. [2], показавших что симптом Макконела не позволяет дифференцировать вызванную перегрузкой давлением дисфункцию ПЖ от дисфункции, связанной с нарушением его кровоснабжения. Авторы отмечают, что различия в уровне давления в легочной артерии также далеко не всегда позволяют дифференцировать ИМПЖ и ТЭЛА высокого риска, поскольку в первом случае дисфункция левого желудочка может сопровождаться заметным повышением давления в малом круге, а во втором, из-за тяжелой дисфункции ПЖ давление в легочной артерии может оказаться относительно невысоким. Кроме того, при исследовании больных, находящихся в критическом состоянии, далеко не всегда удается получить качество визуализации, необходимое для точной оценки градиента давления на трикуспидальном клапане.

Учитывая вышеизложенное, представляется актуальным изучение возможностей использования для дифференциальной диагностики ИМПЖ и ТЭЛА относительного нового метода ультразвукового исследования — отслеживания пятен серой шкалы ультразвукового изображения (speckle-tracking).

Цель работы — сравнить показатели продольной систолической деформации миокарда (longitudinal systolic strain) ПЖ при ИМПЖ и ТЭЛА.

Материал и методы

В исследование включено 83 пациента, находившихся на лечении в ГБУЗ «Областная клиническая больница Тверской области» с декабря 2017г по май 2019г. Исследование было выполнено в соответствии со стандартом Надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинской Декларации, было одобрено Этическим комитетом ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России. Исследование носило наблюдательный характер, и все больные при поступлении в стационар давали письменное информированное согласие на исполь-

зование результатов проводимых исследований в научных целях.

У 30 больных был диагностирован ИМПЖ (1-я группа), приведший к развитию шока. Критериями диагностики ИМПЖ были 1) окклюзия правой коронарной артерии (ПКА) по данным коронарной ангиографии, 2) дилатация ПЖ по данным эхокардиографии, выполненной при поступлении больного в стационар (аппарат Philips CX50), 3) подъем сегмента ST в отведениях V_3R и V_4R . Всем больным с ИМПЖ было выполнено первичное чрескожное коронарное вмешательство с имплантацией стента в ПКА.

Диагноз ТЭЛА был верифицирован по данным мультиспиральной компьютерной томографии с контрастированием легочной артерии. У 15 больных ТЭЛА привела к развитию шока (ТЭЛА высокого риска, 2-я группа), у 38 пациентов тяжелых нарушений системной гемодинамики не отмечалось, но имелись признаки перегрузки ПЖ (ТЭЛА промежуточного риска, 3-я группа).

Эхокардиографическое исследование (аппарат Vivid S70, GE) у больных 1-й и 2-й группы проводилось в первые сутки после стабилизации системной гемодинамики, у больных 3-й группы в день проведения компьютерной ангиопульмонографии. Измерялись диастолический размер ПЖ в продольной парастернальной позиции и амплитуда систолического смещения кольца трикуспидального клапана (TAPSE) в четырехкамерной позиции. Систолическое давление в легочной артерии рассчитывалось по скорости регургитации на трикуспидальном клапане. Визуализация изучаемых структур и расчеты ультразвуковых параметров выполнялись с учетом рекомендаций ASE и EACVI [3].

Для определения продольной систолической деформации (стрейна) ПЖ в режиме двухмерного отслеживания пятен серой шкалы (speckle tracking), в соответствии с согласительным документом по стандартизации 2D speckle tracking визуализации ПЖ [4, 5], использовалась ПЖ-фокусированная четырехкамерная позиция, в которой определялась продольная деформация базального, медиального и апикального сегментов свободной стенки ПЖ (ССПЖ) и межжелудочковой перегородки (МЖП). Согласно рекомендациям ASE и EACVI [3, 6], использовались абсолютные величины стрейна. Глобальный стрейн ПЖ рассчитывался как среднее значение стрейна всех шести сегментов ПЖ, стрейн SSPЖ и МЖП — как среднее значение стрейна трех соответствующих сегментов. Вычислялись отношение стрейна МЖП и SSPЖ (МЖП/ССПЖ) и отношение стрейнов базального и апикального сегментов SSPЖ (Б/А SSPЖ) и МЖП (Б/А МЖП).

Таблица 1

Характеристика обследованных больных

Показатель	1-я группа (n=30)	2-я группа (n=15)	3-я группа (n=38)
Возраст, лет	61,8±10,9	57,2±16,0	59,7±14,9
Мужчин, n (%)	27 (90,0)	8 (53,3) ¹	22 (57,9) ¹
Артериальная гипертензия, n (%)	19 (63,3)	8 (53,3)	19 (50,0)
Сахарный диабет, n (%)	5 (16,7)	3 (20,0)	5 (13,2)
Факторы риска ТЭЛА, n (%)	4 (13,3)	10 (66,7) ¹	24 (63,2) ¹
САД, мм рт.ст.	105,8±16,4	99,5±25,9	128,7±18,8 ¹²
ЧСС >100 в 1 мин, n (%)	5 (16,7)	10 (66,7) ¹	9 (24,3) ²
SpO ₂ <90%, n (%)	2 (6,7)	11 (73,3) ¹	8 (21,6) ²
СДЛА, мм рт.ст.	32,6±5,5	64,3±12,8 ¹	59,6±19,0 ¹
Размер ПЖ, см	3,70±0,39	3,71±0,54	3,55±0,49
TAPSE, см	1,18±0,22	1,28±0,33	1,64±0,39 ¹²

Примечания: данные представлены в виде среднего и стандартного отклонения либо в виде абсолютного и относительного значения. ¹² — статистически значимые различия с 1-й и 2-й группой.

Сокращения: ТЭЛА — тромбоэмболия легочной артерии, САД — систолическое артериальное давление, ЧСС — частота сердечных сокращений, SpO₂ — сатурация крови кислородом, СДЛА — систолическое давление в легочной артерии, ПЖ — правый желудочек, TAPSE — амплитуда систолического смещения кольца трикуспидального клапана.

Таблица 2

Результаты исследования деформации миокарда ПЖ

Показатель	1-я группа (n=30)	2-я группа (n=15)	3-я группа (n=38)
Глобальный стрейн ПЖ, %	12,8±2,69	12,0±2,56	15,9±3,03 ^{1,2}
Стрейн ССПЖ общий, %	12,7±3,44	9,64±2,76 ¹	14,6±4,48 ²
• базальный, %	9,53±4,56	10,8±4,83	17,2±5,51 ^{1,2}
• медиальный, %	12,2±4,67	9,60±3,09	15,1±5,14 ^{1,2}
• апикальный, %	16,8±4,09	8,93±4,45 ¹	12,5±4,72 ^{1,2}
Стрейн МЖП общий, %	12,2±2,83	14,7±3,22 ¹	17,3±2,69 ^{1,2}
• базальный, %	9,47±3,08	13,9±4,42 ¹	17,9±3,54 ^{1,2}
• медиальный, %	11,2±3,13	15,5±3,91 ¹	18,7±3,57 ^{1,2}
• апикальный, %	17,0±5,57	14,1±5,32	15,2±3,68
МЖП/ССПЖ	1,04±0,43	1,61±0,52 ¹	1,29±0,38 ^{1,2}
Б/А ССПЖ	0,60±0,37	1,69±1,57 ¹	1,67±1,33 ¹
Б/А МЖП	0,64±0,38 ²	1,20±0,73 ¹	1,27±0,45 ¹

Примечания: данные представлены в виде среднего и стандартного отклонения. ¹² — статистически значимые различия с 1-й и 2-й группой.

Сокращения: ПЖ — правый желудочек, ССПЖ — свободная стенка правого желудочка, МЖП — межжелудочковая перегородка, МЖП/ССПЖ — отношение стрейна МЖП к стрейну ССПЖ, Б/А — отношение базального стрейна к апикальному.

При статистической обработке рассчитывались среднее значение и стандартное отклонение. Значимость межгрупповых различий определялась с помощью однофакторного дисперсионного анализа и оценивалась по методу Ньюмена-Кейлса. Частотный анализ проводился по критерию χ^2 с введением поправки Бонферрони на множественность межгрупповых сравнений. Межгрупповые различия признавались статистически значимыми при вероятности альфа-ошибки <5%. Для определения точек разделения больных ИМПЖ и ТЭЛА использован ROC-анализ (receiver operating characteristic), позволяющий выявить значение количественного признака, разделяющего объекты исследования на две качественно различающиеся группы.

Результаты

Как следует из представленных в таблице 1 данных, больные ИМПЖ (1-я группа) и ТЭЛА (2-я и 3-я группы) были сопоставимы по возрасту, но доля мужчин среди больных ИМПЖ была выше, чем среди больных ТЭЛА. Артериальная гипертензия и сахарный диабет с одинаковой частотой встречались во всех выделенных группах. Такие факторы риска ТЭЛА, как венозный тромбоэмболизм в анамнезе, недавняя операция или травма, хронические заболевания легких и онкологическая патология редко встречались у больных ИМПЖ, но в большинстве случаев имели место у больных ТЭЛА.

На момент обследования уровень систолического артериального давления у больных 1-й и 2-й групп

Рис. 1. Деформация миокарда ПЖ при ИМПЖ.

Примечание: глобальный стрейн — 14,2%, стрейн ССПЖ (14,0%) сопоставим со стрейном МЖП (14,3%), стрейн ССПЖ снижается от апикальных отделов к базальным, отношение базального стрейна к апикальному = 0,61.

Рис. 2. Деформация миокарда ПЖ при ТЭЛА.

Примечание: глобальный стрейн — 9,3%, стрейн ССПЖ (7,4%) в 1,5 раза меньше стрейна МЖП (11,0%), стрейн ССПЖ снижается от базальных отделов к апикальным, отношение базального стрейна к апикальному = 2,0.

не различался и был существенно ниже, чем в 3-й группе. Тахикардия и нарушение сатурации крови кислородом отмечались у большинства больных 2-й группы, у четверти больных 3-й группы и в единичных случаях встречались в 1-й группе. Систolicеское давление в легочной артерии превышало 30 мм рт.ст. у 15 (50,0%) больных ИМПЖ и у всех больных ТЭЛА. При этом уровень давления у больных ТЭЛА в среднем был в 2 раза выше, чем у больных ИМПЖ. Дилатация ПЖ отмечалась у всех обследованных больных, снижение TAPSE до 1,7 см и более — у всех больных 1-й и 2-й группы и 25 (65,8%) больных 3-й группы. Средние величины размера ПЖ и TAPSE в 1-й и 2-й группе больных оказались практически одинаковыми, в 3-й группе размер ПЖ в среднем был несколько меньше ($p > 0,05$), а величина TAPSE достоверно больше, чем в первых двух группах.

Средние величины глобального стрейна ПЖ у больных 1-й и 2-й группы были ниже, чем у больных 3-й группы и между собой не различались (табл. 2). Однако у больных 1-й группы средние величины стрейна МЖП и стрейна ССПЖ были практически равны между собой, а отношение этих показателей оказалось близким к 1. У больных 2-й группы отношение стрейна МЖП к стрейну ССПЖ в среднем = 1,61, а у больных 3-й группы — 1,29. Таким образом, снижение глобального стрейна ПЖ у больных ТЭЛА связано, в первую очередь, со снижением стрейна ССПЖ, в то время как у больных ИМПЖ снижение глобального стрейна ПЖ в равной мере обусловлено снижением стрейна МЖП и ССПЖ.

РОС-анализ показал, что точкой разделения больным ИМПЖ и ТЭЛА служит значение МЖП/ССПЖ = 1,18 (площадь под кривой 76,5%). Чувствительность критерия 70%, специфичность 80%.

У больных ИМПЖ стрейн ССПЖ снижается от апикальных сегментов к базальным ($p < 0,001$), а у больных ТЭЛА — от базальных к апикальным

($p < 0,001$). Вследствие этого отношение стрейна на базальном уровне ССПЖ к значению стрейна на апикальном уровне (Б/А ССПЖ) у больных ИМПЖ равнялось в среднем 0,60, а у больных ТЭЛА — 1,68. Точкой разделения больных ИМПЖ и ТЭЛА служит значение Б/А ССПЖ, = 0,94 (площадь под кривой 90,2%). Чувствительность критерия 89%, специфичность 87%.

При ИМПЖ стрейн МЖП, как и стрейн ССПЖ, снижается от апикальных сегментов к базальным ($p < 0,001$), вследствие чего отношение Б/А МЖП = 0,64. У больных ТЭЛА средние величины стрейна МЖП на базальном и медиальном уровне не различаются и превосходят значения стрейна на апикальном уровне ($p < 0,01$), вследствие чего отношение Б/А МЖП = 1,25. Точка разделения больных ИМПЖ и ТЭЛА соответствует значению Б/А МЖП = 0,85 (площадь под кривой 88,6%). Чувствительность критерия 79%, специфичность 87%.

Следует отметить, что значения отношения Б/А МЖП коррелирует как с отношением Б/А ССПЖ ($r = 0,35$, $p < 0,001$), так и с отношением МЖП/ССПЖ ($r = 0,62$, $p < 0,001$). Однако корреляции между отношением Б/А ССПЖ и МЖП/ССПЖ не отмечается ($r = 0,18$, $p > 0,05$), что позволяет использовать их в составе комбинированного критерия диагностики ТЭЛА. Хотя бы один из рассматриваемых признаков (МЖП/ССПЖ $\geq 1,18$ или Б/А ССПЖ $\geq 0,94$) отмечался у 52 (98,1%) больных ТЭЛА и лишь у 13 (33,3%) больных ИМПЖ. Чувствительность такого критерия диагностики ТЭЛА приближается к 100%, что позволяет уверенно исключить эту патологию, если у пациента не выявляется ни одного из рассматриваемых признаков. Оба рассматриваемых признака были выявлены у 32 (60,4%) больных ТЭЛА и ни у кого из больных ИМПЖ, что свидетельствует о 100% специфичности такого сочетания для перегрузки ПЖ давлением и позволяет уверенно диагностировать ТЭЛА.

Таким образом, проведенное исследование показало, что у больных ИМПЖ снижение глобального стрейна ПЖ в равной мере связано со снижением стрейна ССПЖ и стрейна МЖП. При этом стрейн на уровне базальных сегментов ПЖ снижается в большей мере, чем на уровне апикальных сегментов (рис. 1). При ТЭЛА снижение глобального стрейна ПЖ связано, главным образом, со снижением стрейна ССПЖ и в значительно меньшей мере со снижением стрейна МЖП. Снижение стрейна на апикальном уровне ПЖ выражено в большей мере, чем на базальном (рис. 2). Выявленные различия деформации ПЖ могут быть использованы для дифференциальной диагностики ИМПЖ и ТЭЛА.

Обсуждение

По данным литературы, у здоровых лиц среднее значение глобального стрейна ПЖ = 24,3% [5], при ИМПЖ — 13,7% [7], а при ТЭЛА — 13,1-17,2% [8-10]. В настоящем исследовании получены близкие значения как у больных ИМПЖ (12,8%), так и у больных ТЭЛА (12,0-15,9%). Однако имеющиеся в литературе данные о деформации миокарда различных отделов ПЖ не в полной мере согласуются с результатами настоящего исследования. Так, по данным Platz E, et al. [11], у здоровых людей стрейн МЖП в среднем меньше, чем стрейн ССПЖ (18,5 vs 24,9%). Такое же соотношение, по данным Park SJ, et al. [7], отмечается у больных ИМПЖ (13,5 vs 15,1%). Однако по данным настоящего исследования, средние величины стрейна МЖП и ССПЖ у больных ИМПЖ не различались (12,2 и 12,7%).

При ИМПЖ отношение стрейнов МЖП и ССПЖ отражает соотношение тяжести поражения этих отделов сердца при окклюзии ПКА. В острейшем периоде это соотношение зависит от площади ишемизированных участков миокарда МЖП и ССПЖ, позже — от объема некроза в этих отделах сердца. Миокард ССПЖ получает кровь не только по коронарным, но и по тебевиевым артериям, вследствие чего нарушение кровотока по ПКА приводит не столько к гибели миокардиоцитов, сколько к их гибернации [12, 13]. Улучшение кровоснабжения ведет к восстановлению сократительной способности миокарда и увеличению стрейна ССПЖ, вследствие чего величина отношения стрейнов МЖП и ССПЖ снижается.

В настоящей работе изучение деформации миокарда у больных ИМПЖ проводилось в первые сутки после ревааскуляризации, а в работе Park SJ, et al. [7] — в первые трое суток. Этим можно объяснить более низкие значения стрейна ССПЖ у обследованных нами больных (12,7 vs 15,7%), и более высокое значение отношения МЖП/ССПЖ (1,04 vs 0,89). Можно полагать, что в ранние сроки заболевания у больных с обширным поражением правого желудочка отношение МЖП/ССПЖ существенно превы-

шает 1, т.е. приближается к значениям, характерным для ТЭЛА. Вероятно, этим и объясняется невысокая специфичность (80%) отношения МЖП/ССПЖ как критерия диагностики ТЭЛА.

Вторая особенность деформации миокарда при ИМПЖ заключается в преобладании стрейна апикальных отделов ССПЖ над стрейном базальных отделов, в то время как у здоровых лиц стрейн ССПЖ снижается от базальных сегментов к апикальным: 26,5, 25,7 и 21,5% [7]. Снижение стрейна на базальном и медиальном уровне при ИМПЖ связано с тем, что ПКА снабжает кровью только базальные и медиальные отделы ССПЖ и МЖП, в то время как их апикальные сегменты получают кровь из передней межжелудочковой ветви левой коронарной артерии. Очевидно, что чем раньше проводится исследование, тем более выражено снижение стрейна базальной части ССПЖ и как следствие тем меньше величина отношения стрейнов на базальном и апикальном уровнях. По мере восстановления сократительной способности базальных отделов ССПЖ это отношение возрастает, но не достигает, как правило, показателей, характерных для ТЭЛА. Этим и объясняется достаточно высокая специфичность (87%) второго из предложенных нами критериев диагностики ТЭЛА (Б/А ССПЖ $\geq 0,94$).

Снижение стрейна ПЖ при ТЭЛА связано не с ишемическим повреждением миокарда, как при ИМПЖ, а с острой перегрузкой ПЖ давлением, следствием чего становится его дилатация. Дилатация сопровождается диастолическим перерастяжением миокарда, что уменьшает величину продольной систолической деформации миокарда, необходимую для изгнания ударного объема крови. На глобальном уровне это проявляется уменьшением TAPSE, на уровне миокарда — уменьшением стрейна [14, 15].

Можно полагать, что тонкая ССПЖ растягивается легче, чем МЖП, вследствие чего при дилатации ПЖ стрейн ССПЖ снижается в большей мере, чем стрейн МЖП. Действительно, по данным Descotes-Genon V, et al. [9], у больных ТЭЛА без признаков перегрузки ПЖ, стрейн МЖП, как и в норме, меньше стрейна ССПЖ (17,2 vs 20,2%), а при перегрузке ПЖ соотношение стрейнов МЖП и ССПЖ меняется на противоположное: 13,5 vs 12,7%. Такое же соотношение стрейнов МЖП и ССПЖ при перегрузке ПЖ выявлено в работе Platz E, et al. [11] (15,0 vs 14,2%) и в настоящем исследовании.

Соотношение стрейна ССПЖ на базальном и апикальном уровне остается таким же, как у здоровых людей. По данным Vitarelli A, et al. [8], стрейн ССПЖ на апикальном уровне у здоровых лиц в 1,23 раза меньше, чем на базальном (26,5 vs 21,5%), а у больных ТЭЛА — в 1,22 раза (19,1 и 15,6%). Аналогичное соотношение выявлено и у обследованных нами больных ТЭЛА.

Заключение

Глобальный стрейн ПЖ снижается как у больных ИМПЖ, так и у больных ТЭЛА. Однако при ИМПЖ отмечается сопоставимое снижение продольного стрейна ССПЖ и МЖП, в то время как при ТЭЛА снижение стрейна ССПЖ значительно более выражено, чем снижение стрейна МЖП. Кроме того, при ИМПЖ отмечается снижение стрейна от апикальных

отделов ПЖ к базальным, а у больных ТЭЛА — от базальных отделов к апикальным. Выявленные различия могут быть использованы для дифференциальной диагностики ИМПЖ и ТЭЛА.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

1. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini S, et al. 2019 ESC Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS). *Eur Heart J*. 2019;00:1-61. doi:10.1093/eurheartj/ehz405.
2. Casazza F, Bongarzone A, Capozzi A, et al. Regional right ventricular dysfunction in acute pulmonary embolism and right ventricular infarction. *Eur J Echocardiography*. 2005;6(1):11-4. doi:10.1016/j.euje.2004.06.002.
3. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16:233-71. doi:10.1093/ehjci/jev014.
4. Sokalskis V, Peluso D, Jagodvinski A, et al. Added value of applying myocardial deformation imaging to assess right ventricular function. *Echocardiography*. 2017;34:919-27. doi:10.1111/echo.13521.
5. Badano LP, Kolias Th, Muraru D, et al. Standardization of left atrial, right ventricular and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018;19:591-600. doi:10.1093/ehjci/jeu042.
6. Voigt J-U, Pedrizzetti G, Lysyansky P, et al. Definition for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16:1-11. doi:10.1093/ehjci/jeu184.
7. Park SJ, Park J-H, Lee HS, et al. Impaired right ventricular global longitudinal strain is associated with poor long-term clinical outcomes in patients with acute inferior STEMI. *JACC: Cardiovascular imaging*. 2015;8(2):161-9. doi:10.1016/j.jcmg.2014.10.011.
8. Vitarelli A, Barilla F, Capotosto L, et al. Right ventricular function in acute pulmonary embolism: a combined assessment by three-dimensional and speckle-tracking echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27:329-38. doi:10.1016/j.echo.2013.11.013.
9. Descotes-Genon V, Chopard R, Morel M, et al. Comparison of right ventricular systolic function in patients with low risk and intermediate-to-high risk pulmonary embolism: a two-dimensional strain imaging study. *Echocardiography*. 2012;30(3):301-8. doi:10.1111/echo.12062.
10. Wright L, Dwyer N, Power J, et al. Right ventricular systolic function responses to acute and chronic pulmonary hypertension: assessment with myocardial deformation. *Journal of American Society of Echocardiography*. 2016;29(3):259-66. doi:10.1016/j.echo.2015.10.010.
11. Platz E, Hassanein AH, Shah A, et al. Regional right ventricular strain pattern in patients with acute pulmonary embolism. *Echocardiography*. 2012;29(1):464-70. doi:10.1111/j.1540-8175.01617.x.
12. Axell RG, Giblett JP, White PA, et al. Stunning and right ventricular dysfunction is induced by coronary balloon occlusion and rapid pacing in humans: insights from right ventricular conductance catheter studies. *J Am Heart Assoc*. 2017;6:e005820. doi:10.1161/JAHA.117.005820.
13. Gorter TM, Lexis CPH, Hummel YM, et al. Right ventricular function after acute myocardial infarction treated with primary percutaneous coronary intervention (from the glycometabolic intervention, as adjunct to primary percutaneous coronary intervention in ST-segment elevation myocardial infarction, III Trial). *Am J Cardiol*. 2016;118:338-44. doi:10.1016/j.amjcard.2016.05.006.
14. Evaldsson AW, Ingvarsson A, Smith JG, et al. Echocardiographic right ventricular strain from multiple apical views is superior for assessment of right ventricular systolic function. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2019;39:168-76. doi:10.1111/cpf.12552.
15. Lee J-H, Park J-H. Strain analysis of the right ventricle using two-dimensional echocardiography. *J Cardiovasc imaging*. 2018;26:111-24. doi:10.4250/jcvi.2018.26.e11.