ИЗМЕНЕНИЕ БИОМЕХАНИКИ СЕРДЦА В РАННИЕ СРОКИ ПЕРВИЧНОГО ПЕРЕДНЕГО ИНФАРКТА МИОКАРДА С ПОДЪЕМОМ СЕГМЕНТА ST ПО ДАННЫМ 2D SPECKLE TRACKING ЭХОКАРДИОГРАФИИ

**Введение**

2D speckle tracking эхокардиография – новая ультразвуковая технология, разработанная для изучения биомеханики сердца. Она позволяет оценить смещение уникальной картины совокупности пятен серой шкалы от кадра к кадру, происходящее вслед за движением миокарда. Кроме изучения деформации в трех пространственных направлениях: продольном, радиальном и циркулярном, становится возможной оценка ротации, её скорости, а так же скручивания и раскручивания левого желудочка (ЛЖ). Преимуществом является возможность количественной оценки систолической и диастолической функции в полуавтоматическом режиме [1]. Высокая межоператорская воспроизводимость новой технологии, простота использования, способствовали её скорейшему внедрению в клиническую практику [2, 3].

Ранее было выявлено, что улучшение глобальной продольной деформации (2D global longitudinal strain - GLS) к 30-му дню, 3-му, 6-му месяцу после инфаркта миокарда с подъемом сегмента ST (ИМспST) обладает большей прогностической ценностью в отношении восстановления функций ЛЖ, чем фракция выброса (ФВ) ЛЖ и индекс нарушения локальной сократимости (ИНЛС) [3, 4]. В экспериментальных исследованиях показано, что снижение апикальной ротации (Apical Rot) и систолического скручивания после ИМ может быть маркером систолической дисфункции ЛЖ, выявлена взаимосвязь с ФВ ЛЖ после ИМ [5].

На данном этапе развития 2D speckle tracking эхокардиографии, к применению в рутинной клинической практике рекомендован только показатель 2D глобальной продольной деформации. Остальные показатели используют в качестве исследовательского инструмента для изучения биомеханики сердца. [6, 7]. Актуальны вопросы относительно референсных показателей, их изменений при различной патологии сердца, в том числе в ранние сроки после ИМ [8].

**Цель исследования:** оценить изменение биомеханики сердца в ранние сроки у пациентов с острым первичным передним ИМспST по данным стандартной и 2D speckle tracking эхокардиографии.

Ключевые слова: 2D speckle tracking эхокардиография, острый инфаркт миокарда, ремоделирование сердца.

**Материалы и методы**

В исследование включено 35 пациентов с острым первичным передним Q-ИМспST, поступивших в палату интенсивной терапии (ПИТ) в течение первых 24 часов от начала заболевания с марта 2014 года по май 2015. Среди них было 8 женщин и 27 мужчин в возрасте 32 - 73 года (средний возраст - 58,46±10,2). Исследование зарегистрировано в базе ClinicalTrials.gov, идентификационный номер - NCT02562651.

В исследование не включали больных старше 75 лет, c неудовлетворительной визуализацией сердца, острой недостаточностью ЛЖ III-IV функциональный класс (ФК) по T.Killip, синусовой брадикардией, с постоянной формой фибрилляции предсердий, с клапанными пороками сердца, декомпенсацией хронической сердечной недостаточности (ХСН) (III–IV ФК по NYHA), тяжелой сопутствующей патологией. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом. Все пациенты подписывали информированное согласие на участие в исследовании.

Эхокардиографию, включая 2D speckle tracking режим, проводили на 3-и (T1), 7-е (T2) и 14-е сутки (T3) острого ИМ («Vivid E9», GE Healthcare). Использовали матричный датчик с частотой 1,7–4,6 МГц (M5S) в парастернальном доступе по короткой оси ЛЖ на уровне митрального клапана (МК) и верхушки, а также в апикальном доступе (5-, 4-х и 2-х камерной позиций). Данные обрабатывали в off-linе режиме на станции - EchoPac 113.

Количественную оценку проводили согласно рекомендациям Американской и Европейской ассоциаций эхокардиографии. Конечный диастолический (КДО) и систолический объемы (КСО), ФВ ЛЖ были определены по методу Симпсона [7]. Под ранним неблагоприятным ремоделированием ЛЖ понимали увеличение КДО и/или КСО на 20 % и более в течение первых 14 дней после ИМ [4, 8]. Пациентов разделили на 2 группы, с наличием неблагоприятного ремоделирования ЛЖ (ЛЖР+) к 14-м суткам и без него (ЛЖР-). Ударный объем (УО), сердечный выброс (СВ) и масса миокарда (ММ) ЛЖ, а также объем левого предсердия (ЛП) индексировали относительно площади поверхности тела. Для количественной оценки изменения геометрической формы ЛЖ вычисляли индекс сферичности (ИС) и индекс эксцентрисистета (ИЭ) [8].

Диастолическую функцию оценивали, измеряя максимальную скорость быстрого (Е) и позднего (А) наполнения ЛЖ, полученных в режиме импульсно-волновой допплер-эхокардиографии, вычисляли их соотношение - Е/А. Также определяли скорость движения боковой части фиброзного кольца МК в раннюю диастолу (e′) и соотношение Е/е´ методом тканевой допплерографии [7].

2D speckle tracking эхокардиографию проводили при частоте кадров более 60 в секунду. Величину глобальной продольной деформации определяли после мануальной коррекции границ эндокарда в конце систолы в 5, 4, 2-камерных апикальных позициях. После чего программное обеспечение анализировало данные в полуавтоматическом режиме, разделяя зону интереса на 6 сегментов [4, 6]. После анализа всех позиций, программное обеспечение создает 16-сегментарную топографическую картину – «бычий глаз» [6].

Ротацию изучали из парастернального доступа по короткой оси ЛЖ на уровне МК и верхушки. Базальная ротация (Basal Rot) имеет отрицательные значения и направлена по часовой стрелке, Apical Rot направлена против часовой стрелки и имеет положительные значения. Скручивание ЛЖ (Twist) - абсолютная разница между Basal и Apical Rot. Нормальные значения показателей 2D speckle tracking эхокардиографии, за исключением величины 2D GLS [6, 7], в настоящий момент не определены, поэтому полученные нами данные анализировали относительно опубликованных референсных значений [10].

Анализ данных проводили при помощи пакета программ STATISTICA 10. Результаты представлены в виде среднего арифметического и среднеквадратичного отклонения - M±SD. Критический уровень значимости р <0,05. Для анализа данных в случае нормального распределения использовали t-тест Стьюдента с поправкой Бонферрони, при ненормальном распределении - тест Фридмана [11].

**Результаты**

Основные клинико-анамнестические данные представлены в таблице 1.

**Таблица 1**

**Клинико-анамнестические данные**

|  |  |
| --- | --- |
| **Показатели** | **M±SD, n (%)** |
| Возраст (лет) | 58,46±10,2 |
| Мужской пол | 27 (77) |
| Курение | 22 (64) |
| Ожирение | 15 (53) |
| Артериальная гипертония | 25 (71) |
| Дислипидемия | 24 (70) |
| Сахарный диабет, 2 тип | 10 (33) |
| Предынфарктная стенокардия | 19 (54) |
| ИСКА (ПНА, I ДА) | 34 (97)/1(3) |
| 1, 2, 3 – сосудистое поражение КА | 23 (65)/9 (25)/3 (10) |
| Тромболизиз +ЧКВ/ первичное ЧКВ/ отсроченное ЧКВ | 17 (49)/12 (34)/6 (17) |
| Время реперфузии, часы | 4,84±3,06 |
| Время реперфузии – первые 3 / 3-6 />6 часов | 11 (32) / 14 (40) /10 (28) |
| Полная реваскуляризация | 18 (51) |
| ОСН при поступлении (ФК по T.Killip - I, II, III) | 19 (83)/ 1(4) / 2(9)  |
| **Лечение на госпитальном этапе**  |
| аспирин+клопидогрель | 25 (71) |
| апирин+тикагрелол  | 10 (29) |
| и-АПФ | 25 (71) |
| β-адреноблокаторы | 32 (91) |
| Статины | 26 (74) |

ОСН - острая сердечная недостаточность, ПНА – передняя нисходящая артерия, ЧКВ - чрескожное коронарное вмешательство I ДА - I диагональная артерия.

Экстренная реперфузионная терапия проведена у всех пациентов, в 72 % случаев в течение первых 6 часов. Реперфузию инфарктсвязанной коронарной артерии (ИСКА) достигли у 97 % пациентов. Среди ранних осложнений выявлены нарушения ритма сердца (НРС) – 42 % случаев, острая сердечная недостаточность (ОСН) и постинфарктная стенокардия у 20 %, перикардит у 9 %, аневризма у 6 % больных. Из поздних осложнений наиболее часто встречались ХСН ФК I (91 %) и НРС (40 %).

Основные показатели стандартной эхокардиографии представлены в таблице 2.

**Таблица 2.**

**Динамика объемов ЛЖ и ЛП, ФВ ЛЖ и ИНЛС**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | T1 | T2 | T3 | ϪT1-T2, % | ϪT2-T3, % |
| КДО, мл | 106,04±25,08 | 111,35±22,44 | 115,37±27,34 | 3,4±18,19 | 5,2±9,83 |
| КСО, мл | 49,44±14,05 | 53,21±14,81 | 51,2±14,68 | 4,85±24,74 | -2,1±17,7 |
| ФВ ЛЖ, % | 53,0±8,93 | 52,28±10,05 | 55,51±8,19 | -0,05±13,23 | 5,19±14,89 |
| ЧСС, уд/мин | 74,28±16,96 | 71,0±12,11 | 68,85±10,82 | -4,5±15,03 | -0,7±9,6 |
| УИ (мл/м2) | 27,17±7,54 | 27,67±6,43 \* | 30,18±6,63 \* | -0,04±19,9 | 14,94±24,5 |
| СИ (л/мин/м2) | 1,98±0,61 | 1,95±0,53 \* | 2,05±0,51 \* | -5,0±22,23 | 15,14±30,42 |
| ИС | 0,53±0,06 | 0,53±0,06 | 0,55±0,05 | 1,27±16,19 | 1,06±9,05 |
| ИЭ | 1,08±0,05 | 1,07±0,05 | 1,08±0,05 | -0,32±6,17 | 0,65±8,97 |
| ИММЛЖ (г/м2) | 104,62±27,01 | 107,12±29,84 | 108,18±23,95 | 0,08±18,37 | 3,32±15,23 |
| E/A | 1,06±0,48 | 1,23±0,4 | 1,12±0,46 | 30,02±42,89 | -5,7±39,53 |
| E/e´ | 9,86±3,81 | 9,2±4,2 | 8,7±2,6 | -4,03±30,75 | -2,5±41,87 |
| V ЛП, (мл/м2) | 27,19±8,52 \* | 29,7±7,95 \* | 29,58±7,95 | 11,94±17,59 | -2,49±22,72 |
| ИНЛС | 1,53±0,33 | 1,56±0,29 | 1,43±0,27 | 1,62±11,95 | -3,23±11,11 |

\*-p<0,05, V ЛП – объем левого предсердия, индексированный к площади поверхности тела.

Значимой динамики большинства показателей стандартной эхокардиографии (КДО, КСО, ФВ, ИНЛС ЛЖ) в ранний постинфарктный период выявлено не было. Однако показатели насосной функции ЛЖ, сниженные на момент поступления, значительно выросли уже к точке Т2. Величина ударного индекса (УИ) в точке Т3 соответствовала нижней границе нормы, сердечный индекс (СИ) оставался сниженным, несмотря на положительную динамику относительно Т2.

Выявлено значимое улучшение деформации по группе к Т3 - снижение глобальной продольной деформации определялось уже к Т2 (p=0,048) (табл. 3).

**Таблица 3.**

**Динамика показателей 2D speckle-tracking эхокардиографии**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель | T1 | T2 | T3 | ϪT1-T2, % | ϪT2-T3, % |
| GLS (%) | -10,8±3,15  | -11,3±3,04 \* | -11,89±3,12 #γ | 7,3±17,25 | 0,81±14,41 |
| >N / N /<N | 0 / 5 / 22 | 0 / 4 / 28 | 0 / 4 / 29 |  |  |
| Basal Rot (°) | -7,15±3,29 | -6,44±3,99 | -6,52±4,72 | 8,52±66,21 | -1,94±7,15 |
| >N / N /<N | 10 / 11 / 2  | 8 / 16 / 5 | 5 / 7 / 7 **γ** |  |  |
| RotR S Sax MV(◦/s) | -60,23±18,42 | -58,57±25,31 | -59,42±28,7 | -0,49±39,16 | 10,86±54,2 |
| >N / N /<N | 4 / 17 / 4  | 4 / 20 / 8 | 6 / 11 / 12 γ |  |  |
| Apical Rot (◦) | 6,8±4,1 | 7,4±3,3 | 8,05±3,2 | 45,47±173,85 | 25,67±94,44 |
| >N / N /<N | 1 / 18 /6  | 0 / 28 /4 \* | 3/ 24 / 2 γ# |  |  |
| RotR S Sax Apex (◦/s) | 53,09±26,2 | 59,7±20,4 | 71,3±29,2 γ | 10,88±56,43 | 37,28±92,19 |
| >N / N /<N | 0 γ /20 / 5 | 0 / 30 / 2 \* | 5 / 21 / 3 # γ |  |  |
| Twist (◦) | 15,6±14,88 | 12,46±5,52 | 13,4±5,8 | -2,48±45,45 | 2,48±45,44 |
| >N / N /<N | 3 / 19 / 3 | 2 / 26 / 7 \* | 4 / 21 / 4 |  |  |
| RotR S Twist (◦/s) | 81,25±29,6 | 83,75±28,02 | 101,76±36,89 # | 6,85±37,85 | 32,09±75,83 |

\*-p<0,05 - достоверность различий между T1и T2, #-p<0,05 - между T2 и T3, γ-p<0,05 - между T1 и T3; MV – mitral valve (митральный клапан), s – second (секунд), RotR S Sax MV – систолическая скорость базальной ротации.

В среднем по группе абсолютные значения показателей Apical и Basal Rot были без динамики в течение всего периода наблюдения. Однако в точке Т3 количество пациентов со сниженным и нормальным значением Basal Rot было значимо больше, чем в Т1. Повышенная базальная ротация в точке Т1 наблюдалась у 43% пациентов. На ряду с этим отмечалось значимое увеличение количества пациентов со сниженной RotR S Sax MV к Т3 (30 %). Количество пациентов с нормальной апикальной ротацией увеличилось к Т2 (р=0,05), а к Т3 повысилось и число пациентов с величиной показателя превышающей норму. Кроме того, наблюдали увеличение скорости апикальной ротации (RotR S Sax Apex) в систолу с Т1 к Т3 на 26 % (p=0,004).

Нормальная величина твиста ЛЖ в Т2 выявлялась у 75 %, несмотря на отсутствие значимой динамики самого показателя по группе. Отмечалось увеличение систолической скорости твиста (RotR S Twist) к Т3 (p=0,035) (табл. 3).

Показатели стандартной и 2D speckle tracking эхокардиографии в зависимости от наличия неблагоприятного ремоделирования ЛЖ представлены в таблице 4.

**Таблица 4.**

**Динамика объемов ЛЖ и ЛП, ФВ ЛЖ и ИНЛС и показателей 2D speckle-tracking эхокардиографии в группах ЛЖР+/ЛЖР-**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Показатели** | T1 | T2 | T3 |
| ЛЖР + | ЛЖР- | ЛЖР+ | ЛЖР- | ЛЖР+ | ЛЖР- |
| КДО, мл | 94,30±27,03 | 112,87±16,8 | 108,5±25,24 | 106,21±16,0 | 119,93±31,64 **γ** | 104,57±15,58 |
| КСО, мл | 46,3±16,58 | 49,43±12,31 | 51,94±14,94 | 46,14±10,0 | 52,6±17,76 | 44,57±10,91 |
| ФВ ЛЖ, % | 51,0±10,18 | 56,12±7,87 | 52,33±10,05 | 56,35±9,0 | 56,26±9,68 | 57,51±7,84 |
| ИНЛС | 1,62±0,35 | 1,41±0,3 | 1,54±0,3 \* | 1,47±0,3 | 1,43±0,31 γ | 1,37±0,24 |
| GLS (%) | -10,84±3,46 | -11,85±3,35 | -11,39±3,04 | -12,65±3,32 | -11,87±3,16 **γ** | -12,96±4,11 |
| Bas Rot (°)◦ | -7,55±3,53 | -6,35±3,01 | -5,85±4,59 | -6,06±3,82 | -5,66±5,27 | -7,27±3,74 |
| RotR S Sax MV(◦/s) | -68,11±14,47 | -56,49±23,52 | -54,31±26,5 | -61,36±23,2 | -48,63±22,87 **δ** | -70,24±29,2 δ |
| Ap Rot (◦) | 8,32±3,89 | 6,64±5,38 | 7,29±3,75 | 7,21±3,65 | 8,07±4,41 | 9,87±3,57 |
| RotR S Sax Apex (◦/s) | 60,11±25,42 | 53,68±30,4 | 59,55±21,93 | 59,84±17,9 | 63,03±31,61 #δ | 94,36±31,02 δ |
| Twist (◦) | 19,6±17,26 | 11,98±7,5 | 11,8±5,78 | 11,77±5,42 | 12,63±7,08 | 16,0±4,75 |
| RotR S Twist (◦/s) | 96,67±17,34 δ | 73,15±35,74 δ | 81,77±25,77 | 84,87±31,16 | 92,93±34,27 γδ | 121,2±36,34 δ |

\*-p<0,05 - достоверность различий между T1 и T2 в 1,2-ой группе, #-p<0,05 - между T2 и T3 в 1,2-ой группе, γ-p<0,05 - между T1 и T3 в 1, 2-ой группе; δ- достоверность различий между группами.

В группе ЛЖР+ увеличение КДО к Т3 в среднем на 26%, сопровождалось улучшением ИНЛС и деформации в виде снижения показателей ИНЛС и глобальной продольной деформации к Т3. Скоростные показатели в этой группе, а именно RotR S Sax Apex (◦/s) и RotR S Twist (◦/s) повысились к Т3, что, однако на ряду с RotR S Sax MV(◦/s) значительно меньше, чем в группе ЛЖР-. По клинико-анамнестическим данным группы отличались только по времени реперфузии: 5,48±3,58 ч. против 3,89±2,25 ч. (р<0,05) (табл. 5).

**Таблица 5.**

**Основные клинические данные у пациентов ЛЖР+/ЛЖР-**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **ЛЖР +****n=18** | **ЛЖР -****n=16**  |
| **Показатели** | **M±SD, n (%)** |
| Возраст (лет) | 57,41±9,13 | 58,53±10,73 |
| Предынфарктная стенокардия | 10 (59) | 9 (64) |
| 1, 2, 3 – сосудистое поражение КА | 11(65)/5(29)/1(6) | 9(56)/6(37)/1(7) |
| Тромболизиз +ЧКВ/ первичное ЧКВ/ отсроченное ЧКВ | 10 (56) / 7 (39) /1(6) | 12 (75)/3 (18)/1 (7) |
| Время реперфузии, часы. | 5,48±3,58  | 3,8±2,25 \* |
| Время реперфузии – первые 3/3-6/>6 часов  | 4 (24)/ 6 (35) /7 (41) | 6 (37) /2 (12) / 8 (51) |
| Полная реваскуляризация | 10 (56) | 6 (37) |

\*-p<0,05 – различия достоверны.

**Обсуждение**

Первая информация о технологии 2D speckle tracking эхокардиографии появилась в 2004 г., но только в 2015 году она включена в рекомендации по количественной оценке камер сердца [6, 7]. Кроме оценки деформации миокарда, технология предлагает инструменты для изучения сложной биомеханики сердца и оценки восстановления нарушенных в результате ИМ функций сердца. Ранее нами и коллегами показана высокая внутри- и межоператорская воспроизводимость показателей 2D speckle tracking эхокардиографии, в том числе и глобальной продольной деформации [12, 13]. Установлено, что деформация у обследованных больных улучшается уже к 7-м суткам, и эта динамика сохраняется к моменту выписки больного из стационара. Это соответствует ранее описанным изменениям сократимости ЛЖ у больных ИМ и объясняется восстановлением функции оглушенного миокарда [15]. Важным представляется тот факт, что изменения деформации отображали восстановление функции сердца, тогда как стандартные показатели (КДО, КСО, ФВ ЛЖ) динамику не показали. Выявленное улучшение показателей насосной функции уже к 7-м суткам, вероятно связано с перераспределением нагрузки на оставшийся жизнеспособный миокард [8].

Увеличение времени до восстановления кровотока являлось ключевым фактором в развитии неблагоприятного ремоделирования ЛЖ. У больных этой группы наряду со значимым увеличением КДО с 3-х к 14-м суткам, отмечалось улучшение 2D глобальной продольной деформации и ИНЛС, RotR S Sax Apex уже к 7-му дню, а также RotR S Twist к 14-м суткам. Однако показатели базальной и апикальной ротации, а также твист к 14-м суткам в этой группе были значительно ниже, чем у пациентов без развития неблагоприятного ремоделирования ЛЖ, что вероятно обусловлено как величиной повреждения миокарда, так и изменением архитектоники ЛЖ у этой группы пациентов [6]. Взаимосвязь между развитием неблагоприятного ремоделирования и изменением деформации описана ранее [1, 3, 16]. Обнаружено, что значимое уменьшение КДО ЛЖ к 14-м суткам наблюдалось при ранней реперфузии миокарда (3 часа), при этом динамики остальных показателей стандартной и 2D speckle tracking эхокардиографии выявлено не было. Кроме ранней реперфузии миокарда и ее инфаркт-ограничивающим эффектом, эти данные могут быть обусловлены применением современной нейрогуморальной терапии ИМ.

Изменения ротационных свойств соответствовали закономерностям изменений функции сердца, выявленных ранее [5, 8]. Апикальная ротация, сниженная на 3-и сутки ИМ, к 14-м суткам приближалась к нормальным значениям. Улучшение происходило за счет повышения систолической скорости апикальной ротации, более того отмечено, что к моменту выписки количество пациентов с повышенным значением показателя значительно выросло. Вместе с тем полного восстановления ротации верхушки не происходило, что подтверждает данные опубликованных патофизиологических исследований, указывающих, что при острой трансмуральной ишемии в первую очередь страдает апикальное вращение, сопровождающееся систолической дисфункцией [5]. Для поддержания насосной функции сердца происходит компенсаторное повышение базальной ротации, что подтверждено нашими данными - к 14-м суткам отмечалась тенденция к ее нормализации. Однако у пациентов без развития неблагоприятного ремоделирования ЛЖ этот показатель был повышен в течение всего периода наблюдения, что обусловлено большей систолической скоростью базальной ротации. Улучшение систолической скорости твиста и тенденция к нормализации самого показателя к 14-м суткам так же подтверждает восстановление нарушенных характеристик ротации.

**Выводы**

Изменения биомеханики сердца по данным 2D speckle tracking эхокардиографии у пациентов с применением современной и своевременной фармакоинвазивной стратегии в ранний постинфарктный период отображали восстановление функции сердца, тогда как стандартные показатели (КДО, КСО, ФВ ЛЖ) динамику не показали.

Улучшение глобальной продольной деформации происходило уже на 7-е сутки острого первичного переднего ИМ. Среди показателей, отражающих ротационные характеристики ЛЖ, повышалась скорость апикальной ротации в систолу к 14-м суткам. Базальная и апикальная ротация в среднем по группе были без динамики в течение первых 14 дней ИМ. Увеличилось количество пациентов с нормальной и повышенной апикальной ротацией, а также количество пациентов со сниженной и нормальной Basal Rot к 14 суткам.

У больных с неблагоприятным ремоделированием сердца реперфузия миокарда достигалась значимо позже, увеличение КДО ЛЖ к 14-м суткам, сопровождалось улучшением 2D глобальной продольной деформации и индекса нарушения локальной сократимости ЛЖ, а также скоростных показателей апикальной ротации, твиста.

**Литература**

1. Cimino S., Canali E., Petronilli V. et al. Global and regional longitudinal strain assessed by two-dimensional speckle tracking echocardiography identifies early myocardial dysfunction and transmural extent of myocardial scar in patients with acute ST elevation myocardial infarction and relatively preserved LV function. European Heart Journal, Cardiovascular Imaging 2013; No. 14: 805–811.

2. Louisa Antoni M., Sjoerd A. Mollema, Jael Z. Atary et al. Time course of global left ventricular strain after acute myocardial infarction. European Heart Journal 2010; Vol. 31: 2006–2013.

3. Joyce E., Hoogslag G.E., Leong D.P. et al. Association between left ventricular global longitudinal strain and adverse left ventricular dilatation after ST-segment–elevation myocardial infarction. Circ. Cardiovasc. Imaging 2014; No.7: 74-81.

4. Leitman M., Lysyansky P., Sidenkos S. et al. Two-dimensional strain – a novel software for real-time quantitative echocardiographic assessment of myocardial function. J. Am. Soc. Echocardiograph. 2004; No. 17: 1021-1029.

5. Павлюкова Е.Н., Кужель Д.А., Матюшин Г.В. Ротация, скручивание и раскручивание левого желудочка: физиологическая роль и значение в клинической практике. Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. 2015; 11(1): 68-78.

6. Voigt J.U., Pedrizzetti G., Lysyansky P.et al. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. European Heart Journal, Cardiovascular Imaging 2015; No. 16: 1–11.

7. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. et al. Recommendations for сardiac сhamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. Journal of the American Society of Echocardiography 2015: 233-271.

8. Марков В.А., Рябов В.В., Вышлов Е.В. и др. Особенности ремоделирования сердца после инфаркта миокарда при фармакоинвазивных методах реперфузии и усиленной наружной контрпульсации. Томск: STT, 2014: с.244.

9. Dynamics of global left ventricular two dimensional strain in primary anterior STEMI patients. European Journal of Heart Failure 2015: 17, Suppl.1: 5-441.

10. Abozguia K., Nallur-Shivu G.,Thanh T. et al. Left ventricular strain and untwist in hypertrophic cardiomyopathy: Relation to exercise capacity. Am Heart J. 2010 May; 159(5): 825–832.

11. Гланц С. Медико – биологическая статистика. Пер. с англ. - М., Практика - 1998. – с 459.

12. Kercheva M., Ryabova T., Ryabov V. et al. Intraobserver reproducibility of parameters of standard and 2D speckle tracking echocardiography, dynamics of global longitudinal strain I in patients with acute primary anterior STEMI. AIP Conf. Proc. 2015; Vol. 1688: 030017-1 -4.

13. Cheng S., Martin G. Larson. Reproducibility of speckle-tracking-based strain measures of left ventricular function in a community-based study. Elizabeth Journal of the American Society of Echocardiography 2015; Vol. 26: 1258-1266.

14. Ismail M, Khalid S, Eldemerdash S et al. The percent change of strain and strain rate under dobutamine stress echocardiography predicts viability following myocardial infarction. Minerva Cardioangiol. 2014; Nо.63: 483-493.

15. Gorcsan J., III, Tanaka H. Echocardiographic Assessment of Myocardial Strain. J. Am. Coll. Cardiol. 2011; Nо.58: 1401-1413.