

**Механизмы и предикторы ишемической митральной регургитации в покое и при физической нагрузке у пациентов в ранней стадии инфаркта миокарда**Адамян К. Г.<sup>1,2</sup>, Чилингарян А. Л.<sup>1</sup>, Мкртчян Н. Г.<sup>2</sup>, Тунян Л. Г.<sup>1,2</sup>**Цель.** Определение механизмов и предикторов ишемической митральной регургитации (ИМР) в покое и при физической нагрузке у пациентов в ранней стадии инфаркта миокарда (ИМ) различной локализации.**Материал и методы.** 77 пациентов с ниже-задним ИМ и 79 пациентов с передне-перегородочно-верхушечным ИМ (ПИМ) исследованы на 7-й день в покое и после физической нагрузки с определением степени ИМР по методу PISA, смещения заднемедиальной и переднелатеральной папиллярных мышц (ПМ), высоты смыкания митрального клапана (МК), систолической и диастолической площади митрального отверстия, объемов левого желудочка (ЛЖ), индекса сократимости ЛЖ, деформации инфарцированных сегментов, общей деформации ЛЖ, деформации и систолической диссинхронии ПМ.**Результаты.** ИМР встречалась чаще при нижнезаднем ИМ (42% vs 28%). При ПИМ и ИМР объемы ЛЖ были больше, а деформация ЛЖ меньше, чем у пациентов без ИМР. При нижнезаднем ИМ и ИМР различия наблюдались в показателях локальной сократимости и функции заднемедиальной ПМ. Различиями при ИМ обеих локализаций и ИМР по сравнению с ИМ без ИМР были площади митрального отверстия и диссинхрония ПМ. Степень ИМР после нагрузки не зависела от степени ИМР в покое. Предикторами ИМР в покое при ИМ обеих локализаций были апикальное смещение смыкания МК и площадь митрального отверстия. При нижнезаднем ИМ предикторами были также смещение заднемедиальной ПМ, деформация инфарцированных сегментов, диссинхрония ПМ, при ПИМ предикторами ИМР являлась площадь митрального отверстия. Предикторами ИМР после физической нагрузки при нижнезаднем ИМ были площади митрального отверстия, индекс сократимости, смещение и деформация заднемедиальной ПМ. При ПИМ предикторами ИМР после нагрузки были высоты смыкания МК и систолическая площадь митрального отверстия.**Заключение.** Исследование подтверждает роль изменения пространственной ориентации структур митрального аппарата при ИМ обеих локализаций, нарушений локальной сократимости при нижнезаднем ИМ и объема ЛЖ при ПИМ на раннем этапе болезни.**Ключевые слова:** ишемическая митральная регургитация, продольная деформация, диссинхрония папиллярных мышц.**Отношения и деятельность:** нет.<sup>1</sup>Ереванский государственный медицинский университет им. М. Гераци, Ереван; <sup>2</sup>НИИ кардиологии, Ереван, Республика Армения.

Адамян К. Г. — академик Академии наук РА, член президиума Академии наук, президент Ассоциации кардиологов Армении, заслуженный деятель науки РА, зав. кафедрой кардиологии постдипломного образования Ереванского госу-

дарственного медицинского университета им. М. Гераци, главный консультант директора НИИ кардиологии, научный руководитель инфарктного отделения НИИ кардиологии, ORCID: 0000-0001-8838-3269, Чилингарян А. Л. — д. м. н., преподаватель кафедры кардиологии постдипломного образования, ORCID: 0000-0002-9821-7114, Мкртчян Н. Г. — соискатель, ORCID: 0000-0001-6447-2283, Тунян Л. Г.\* — д. м. н., преподаватель кафедры кардиологии постдипломного образования; н. с. инфарктного отделения, ORCID: 0000-0002-3469-6144.

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):  
lusine@tunyan.com

ВСМК — высота смыкания митрального клапана, ДЗПМ — продольная деформация заднемедиальной папиллярной мышцы, ДПМО — диастолическая площадь митрального отверстия, ДППМ — продольная деформация переднелатеральной папиллярной мышцы, ЗПМ-МК — апикальное смещение заднемедиальной папиллярной мышцы, ИКДО — индекс конечно-диастолического объема, ИКСО — индекс конечно-систолического объема, ИЛС — индекс локальной сократимости, ИМ — инфаркт миокарда, ИМЛЖ — индекс массы ЛЖ, ИМР — ишемическая митральная регургитация, ИМТ — индекс массы тела, ИОЛП — индекс объема ЛП, ИОС — индекс общей сократимости, ИСФ — индекс сферичности, ЛЖ — левый желудочек, ЛП — левое предсердие, НЗИМ — нижнезадний инфаркт миокарда, ПДИС — продольная деформация инфарцированных сегментов, ПДЛЖ — продольная деформация ЛЖ, ПИМ — передне-перегородочно-верхушечный инфаркт миокарда, ППМК — площадь систолического верхушечного прогиба створок митрального клапана, СДПМ — систолическая диссинхрония папиллярных мышц, ППМ-МК — апикальное смещение переднелатеральной папиллярной мышцы, СЗПМбок — боковое смещение заднемедиальной папиллярной мышцы, СЗПМзад — заднее смещение заднемедиальной папиллярной мышцы, СПМО — систолическая площадь митрального отверстия, СППМбок — боковое смещение переднелатеральной папиллярной мышцы, СППМзад — заднее смещение переднелатеральной папиллярной мышцы, ФВ — фракция выброса, ФУМО — фракция укорочения митрального отверстия.

**Рукопись получена** 08.12.2018**Рецензия получена** 03.02.2019**Принята к публикации** 17.04.2019**Для цитирования:** Адамян К. Г., Чилингарян А. Л., Мкртчян Н. Г., Тунян Л. Г. Механизмы и предикторы ишемической митральной регургитации в покое и при физической нагрузке у пациентов в ранней стадии инфаркта миокарда. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(2):3098. doi:10.15829/1560-4071-2020-2-3098**Mechanisms and predictors of ischemic mitral regurgitation at rest and on exertion in patients at early stage of myocardial infarction**Adamyanyan K. G.<sup>1,2</sup>, Chilingaryan A. L.<sup>1</sup>, Mkrtychyan N. G.<sup>2</sup>, Tunyan L. G.<sup>1,2</sup>**Aim.** Determination of the mechanisms and predictors of ischemic mitral regurgitation (IMR) at rest and on exertion in patients at early stage of myocardial infarction (MI).**Material and methods.** Seventy-seven patients with inferoposterior MI and 79 patients with anteroseptal apical MI were examined on the 7th day at rest and

after exertion. We determined the degree of IMR (according to the PISA method), posteromedial and anterolateral papillary muscle (PM) displacement, closure height of the mitral valve (MV), systolic and diastolic mitral valve orifice area, volume of the left ventricle (LV), LV contractility index, deformation of the

infarction regions, general LV deformation, deformation and systolic dyssynchrony of the PM.

**Results.** IMR was more common in inferior MI (42% vs 28%). LV volumes in cases with anteroapical MI and IMR were greater and LV deformation was less than in patients without IMR. In inferoposterior MI and IMR, differences were observed in the index of local contractility and function of the posteromedial PM. The differences in MI of both localizations and IMR compared with MI without IMR were the areas of the mitral orifice and dyssynchrony of the PM. The degree of IMR after exertion did not depend on the degree of IMR at rest. Predictors of IMR at rest in MI of both localizations were the apical displacement of MV closure and the area of the mitral orifice. In inferoposterior, posteromedial PM displacement, deformation of the infarcted areas, PM dyssynchrony were also predictors. In anteroapical MI, the area of the mitral orifice was the predictor of IMR. Predictors of anteroapical MI after physical exertion after inferior MI were mitral orifice areas, contractility index, displacement and deformation of the posteromedial PM. In anteroapical MI, the IMR predictors were MV closure height and systolic area of mitral orifice.

**Conclusion.** The study confirms the significance of changing the spatial orientation of the MV structures in MI of both localizations, impaired regional contractility in inferoposterior MI and LV volume in anteroapical MI at early stage of the disease.

**Key words:** ischemic mitral regurgitation; longitudinal deformation; papillary muscle dyssynchrony.

**Relationships and Activities:** not.

<sup>1</sup>M. Heratsi Yerevan State Medical University, Yerevan; <sup>2</sup>Research Institute of Cardiology, Yerevan, Republic of Armenia.

Adamyany K.G. ORCID: 0000-0001-8838-3269, Chilingaryan A.L. ORCID: 0000-0002-9821-7114, Mkrtchyan N.G. ORCID: 0000-0001-6447-2283, Tunyan L.G. ORCID: 0000-0002-3469-6144.

**Received:** 08.12.2018 **Revision Received:** 03.02.2019 **Accepted:** 17.04.2019

**For citation:** Adamyany K.G., Chilingaryan A.L., Mkrtchyan N.G., Tunyan L.G. Mechanisms and predictors of ischemic mitral regurgitation at rest and on exertion in patients at early stage of myocardial infarction. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(2):3098. (In Russ.) doi:10.15829/1560-4071-2020-2-3098

Ишемическая митральная регургитация (ИМР) является осложнением инфаркта миокарда (ИМ) и независимым предиктором заболеваемости и смертности [1, 2]. ИМР возникает при наличии нормальных створок митрального клапана (МК) в результате дисфункции и ремоделирования ЛЖ, дилатации митрального кольца, смещения папиллярных мышц (ПМ) [2, 3]. Эти процессы зависят как от размеров ИМ, так и его локализации [4]. ИМР является результатом изменения геометрической взаимосвязи ЛЖ и митрального аппарата, и она может изменяться как во времени, так и в зависимости от состояния покоя или физической нагрузки [5].

Целью исследования являлось изучение механизмов ИМР и ее динамики в покое и при нагрузке в ранней стадии ИМ различной локализации.

### Материал и методы

В исследование включены 77 пациентов с первичным нижнезадним ИМ и 79 пациентов с острым передне-перегородочно-верхушечным ИМ (ПИМ) в возрасте  $57 \pm 5$  лет, поступивших в стационар в течение 12 часов от начала ИМ.

Контрольную группу составили 50 здоровых лиц одинакового возраста, пола и веса.

Критериями исключения служили наличие митральной недостаточности в анамнезе, структурные изменения МК, болезнь аортального клапана, нарушения ритма и проводимости, сахарный диабет и почечная недостаточность.

Пациентам проведено стентирование инфаркт-зависимой артерии.

Пациенты с ИМ каждой локализации разделены на две подгруппы согласно степени митральной регургитации 0-I или I-IV.

ФВ ЛЖ, индекс систолического объема левого предсердия, индекс массы левого желудочка (ИМЛЖ), а также индексы общей и локальной сократимости ЛЖ рассчитаны согласно рекомендациям американского общества эхокардиографии на аппарате GE Vivid 7 [6].

Индекс сферичности ЛЖ рассчитывался как отношение конечно-систолического объема ЛЖ ( $\times 100\%$ ) к объему гипотетической сферы  $(4/3) \pi (d/2)^3$ , где d диаметр длинной оси ЛЖ.

Высота смыкания створок МК (ВСМК) измерялась в 3-камерной позиции в конечную диастолу. Площадь поверхности верхушечного прогиба створок МК (ППМК), образованной митральным кольцом, створками МК, измерялась в 3-камерной позиции в среднюю систолу.

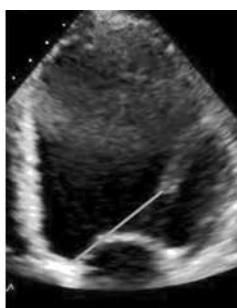


Рис. 1. Определение апикального смещения передней ПМ.



Рис. 2. Определение апикального смещения заднедиагональной ПМ.

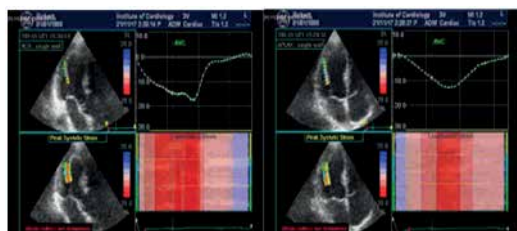


Рис. 3. Измерение деформации и диссинхронии ПМ.



Рис. 4. Определение деформации ЛЖ и инфарцированных сегментов.

Апикальное смещение папиллярных мышц (ПМ) измерялось для переднелатеральной и заднемедиальной ПМ, соответственно (рис. 1, 2). Заднее и боковое смещение ПМ измерялось в парастернальной позиции по короткой оси на уровне ПМ [7].

Площадь митрального отверстия (ПМО) в систолу и диастолу рассчитывалась по формуле эллипса  $\pi \cdot r1 \cdot r2 / 4$ , где  $r1$  и  $r2$  переднезадний и межкомиссурный размеры МК, соответственно. Фракция укорочения МО рассчитывалась по формуле  $100\% \times (\text{диастолическая ПМО} - \text{систолическая ПМО}) / \text{диастолическая ПМО}$ .

Степень митральной регургитации (МР) оценивалась по методу PISA [8] с определением площади регургитационного отверстия (ПРО) и объема регургитации (РО). Выраженность МР определялась как I степень ( $PO < 20$  мл или  $ПРО < 0,20 \text{ см}^2$ ), II степень ( $PO = 20-39$  мл или  $ПРО = 0,20-0,29 \text{ см}^2$ ), III степень ( $PO = 40-59$  мл или  $ПРО = 0,30-0,39 \text{ см}^2$ ) и IV степень ( $PO > 60$  мл или  $ПРО > 0,40 \text{ см}^2$ ). Изменение степени ИМР определялось по изменению  $ПРО \geq 0,1 \text{ см}^2$ .

Функция ПМ исследовалась по методу отслеживания частиц (speckle tracking) в 4- и 3-камерной позициях для определения продольной деформации обеих

Таблица 1

Данные пациентов с НЗИМ и ПИМ с ИМР в покое

Параметры	НЗИМ	ПИМ	Контроль	P	A против B	A против C	B против C
	A	B					
<b>Демографические и клинические данные</b>							
Количество пациентов (n/%)	32/42	22/28	50	0,03	<0,001	<0,001	
Возраст (лет)	54±5	54±5	54±5	нд	нд	нд	
Пол, женщины (%)	43,2	38,3	34,6	нд	нд	нд	
ИМТ кг/м <sup>2</sup>	26,4±3,2	25,9±3,0	25,5±3,1	нд	нд	нд	
Артериальная гипертония (%)	56,7	57,1	0	нд	нд	<0,001	
Дислипидемия (%)	72	76	32	нд	нд	<0,001	
<b>Препараты</b>							
Бета-блокаторы (%)	94	95	0	нд	нд	<0,001	
Ингибиторы АПФ (%)	92	97	0	нд	нд	<0,001	
Статины (%)	83	85	0	нд	нд	<0,001	
Спиронолактон (%)	39	41	0	нд	нд	<0,001	
<b>Стандартная ЭхоКГ</b>							
ИКСО (мл/м <sup>2</sup> )	27,5±9,1	36,4±10,2	21,3±5,9	0,02	нд	0,01	
ИКДО (мл/м <sup>2</sup> )	52,4±9,8	63,7±11,3	52,3±9,8	0,02	нд	0,01	
ИСФ (%)	16±5	16±9	15±7	нд	нд	нд	
ФВ (%)	52,3±6,2	45,4±4,1	58,7±4,3	0,01	0,03	0,01	
ИМЛЖ (г/м <sup>2</sup> )	110±19,8	114±21,4	73,6±18,4	нд	0,04	0,04	
ИОЛП (мл/м <sup>2</sup> )	29,5±5,1	29,2±5,3	27,8±4,7	нд	нд	нд	
<b>Сократимость (ИЛС, ИОС)</b>							
Нижняя стенка	5,8±1,5	4,3±1,1	3,0±0,0				
Нижне-перегородочная стенка	5,9±1,4	3,0±0,0	3,0±0,0	0,008	0,008	нд	
Задняя стенка	5,7±1,6	3,0±0,0	3,0±0,0	0,009	0,009	нд	
Боковая стенка	3,1±0,3	3,2±0,6	3,0±0,0	нд	нд	нд	
Передняя стенка	3,0±0,0	7,3±1,8	3,0±0,0	0,003	нд	0,003	
Передне-перегородочная стенка	3,0±0,0	6,9±1,9	3,0±0,0	0,004	нд	0,004	
ИОС	1,4±0,3	1,6±0,38	1,0±0,0	0,02		0,002	

ЭхоКГ митрального аппарата						
ВСМК (см)	0,97±0,23	0,98±0,21	0,86±0,19	НД	0,03	0,03
ППМК (мм <sup>2</sup> )	163,4±63,4	166,3±68,2	121,6±37,4	НД	0,01	0,01
СПМО (мм <sup>2</sup> )	564,6±114,2	486,7±117,6	342,6±114,2	0,01	НД	НД
ДПМО (мм <sup>2</sup> )	715,4±128,3	681,2±119,4	594,6±117,2	0,01	НД	НД
ФУМО (%)	18±3	24±5	35±7	0,02	0,008	НД
ППМ-МК (см)	3,28±0,86	3,64±0,97	3,12±0,81	НД	НД	НД
ЗПМ-МК (см)	3,79±0,91	3,37±0,90	3,21±0,78	НД	НД	НД
СЗПМзад (мм)	4,5±1,9	3,1±1,8	2,4±1,3	0,02	0,01	НД
СЗПМбок (мм)	2,6±1,5	2,2±1,1	1,9±1,1	0,04	0,02	НД
СППМзад (мм)	2,4±1,2	2,6±1,5	2,1±1,2	НД	НД	НД
СППМбок (мм)	2,3±1,4	2,5±1,4	2,0±1,0	НД	НД	НД
ЭхоКГ отслеживание частиц						
ПДЛЖ (%)	-16,8±1,9	-14,6±1,8	-20,3±2,1	0,04	НД	0,01
ПДИС (%)	-9,2±6	-9,7±3	—	НД	—	—
ДППМ (%)	-13,9±1,2	-13,9±1,1	-15,8±1,7	НД	0,03	0,03
ДЗПМ (%)	-13,8±1,3	-15,1±1,2	-15,6±1,7	0,02	0,01	НД
СДПМ (мс)	38±11	42±14	16±9	НД	0,02	0,01

**Сокращения:** ВСМК — высота смыкания митрального клапана, ДЗПМ — продольная деформация заднемедиальной папиллярной мышцы, ДПМО — диастолическая площадь митрального отверстия, ДППМ — продольная деформация переднелатеральной папиллярной мышцы, ЗПМ-МК — апикальное смещение заднемедиальной папиллярной мышцы, ИКДО — индекс конечно-диастолического объема, ИКСО — индекс конечно-систолического объема, ИЛС — индекс локальной сократимости, ИМЛЖ — индекс массы ЛЖ, ИМР — ишемическая митральная регургитация, ИОЛП — индекс объема ЛП, ИОС — индекс общей сократимости, ИСФ — индекс сферичности, НЗИМ — нижнезадний инфаркт миокарда, ПДИС — продольная деформация инфарцированных сегментов, ПДЛЖ — продольная деформация ЛЖ, ПИМ — передне-перегородочно-верхушечный инфаркт миокарда, ППМ-МК — апикальное смещение переднелатеральной папиллярной мышцы, ППМК — площадь систолического верхушечного прогиба створок митрального клапана, СДПМ — систолическая диссинхрония папиллярных мышц, СЗПМбок/зад — направление смещения заднемедиальной папиллярной мышцы, СПМО — систолическая площадь митрального отверстия, СППМбок/зад — направление смещения переднелатеральной папиллярной мышцы, ФВ — фракция выброса, ФУМО — фракция укорочения митрального отверстия.

Таблица 2

### Параметры с достоверными различиями у пациентов с ПИМ в зависимости от наличия ИМР в покое

Параметры	Нет ИМР (А)	ИМР (В)	Контроль (С)	P		
				А против В	А против С	В против С
ИКСО (мл/м <sup>2</sup> )	32,8±8,4	36,4±10,2	21,3±5,9	<0,03	<0,01	<0,01
ИКДО (мл/м <sup>2</sup> )	57,8±10,3	63,7±11,3	52,3±9,8	<0,02	<0,01	<0,01
СПМО (мм <sup>2</sup> )	418,4±113,6	486,7±117,6	342,6±114,2	<0,05	<0,05	<0,02
ДПМО (мм <sup>2</sup> )	656,3±121,3	681,2±119,4	594,6±117,2	<0,05	<0,05	<0,02
ФУМО (%)	29±7	24±5	35±7	<0,05	<0,05	<0,01
ПДЛЖ (%)	-15,2±1,5	-14,6±1,8	-20,3±2,1	<0,03	<0,05	<0,01
СДПМ (мс)	23±10	42±14	16±9	<0,01	<0,05	<0,01

**Сокращения:** ДПМО — диастолическая площадь митрального отверстия, ИКДО — индекс конечно-диастолического объема, ИКСО — индекс конечно-систолического объема, ИМР — ишемическая митральная регургитация, ПДЛЖ — продольная деформация левого желудочка, СДПМ — систолическая диссинхрония папиллярных мышц, СПМО — систолическая площадь митрального отверстия, ФУМО — фракция укорочения митрального отверстия.

Таблица 3

### Параметры с достоверными различиями у пациентов с НЗИМ в зависимости от наличия ИМР в покое

Параметры	Нет ИМР	ИМР	Контроль	А против В	А против С	В против С
СПМО (мм <sup>2</sup> )	467,3±117,8	564,6±114,2	342,6±114,2	<0,02	<0,03	<0,01
ДПМО (мм <sup>2</sup> )	697,2±124,2	715,4±128,3	594,6±117,2	<0,02	<0,03	<0,01
ФУМО (%)	28±5	18±3	35±7	<0,01	<0,02	<0,003
СДПМ (мс)	21±7	38±11	16±9	<0,001	<0,001	<0,001
ИЛС (нижняя стенка)	5,2±1,3	5,8±1,5	3,0±0,0	<0,05	<0,02	<0,01
ИЛС (нижне-перегородочная стенка)	4,6±1,1	5,9±1,4	3,0±0,0	<0,05	<0,02	<0,01
ИЛС (задняя стенка)	4,8±1,2	5,7±1,6	3,0±0,0	<0,05	<0,03	<0,01
ЗПМ-МК (см)	3,35±0,86	3,79±0,91	3,21±0,78	<0,03	НД	<0,03

СЗПМзад (мм)	3,2±0,9	4,5±1,9	2,4±1,3	<0,02	<0,02	<0,01
СЗПМбок (мм)	2,1±1,2	2,6±1,5	1,9±1,1	<0,05	<0,03	0,02
ПДИС (%)	-12,7±4	-9,2±6	—	<0,03	—	—
ДЗПМ (%)	-11,3±1,4	-13,8±1,3	-15,6±1,7	<0,02	<0,01	<0,02

**Сокращения:** ДЗПМ — продольная деформация заднемедиальной папиллярной мышцы, ДПМО — диастолическая площадь митрального отверстия, ЗПМ-МК — апикальное смещение заднемедиальной папиллярной мышцы, ИЛС — индекс локальной сократимости, ИМР — ишемическая митральная регургитация, ПДИС — продольная деформация инфарцированных сегментов, СДПМ — систолическая диссинхрония папиллярных мышц, СЗПМбок/зад — направление смещения заднемедиальной папиллярной мышцы, СПМО — систолическая площадь митрального отверстия, ФУМО — фракция укорочения митрального отверстия.

Таблица 4

Изменение ПРО при нагрузке у пациентов с НЗИМ

Разница показателей до и после нагрузки	Изменение ПРО после нагрузки		P	Корреляция с ПРО	
	Уменьшение, n=12 (37,5%)	Увеличение, n=20 (62,5%)		R	P
ЧСС (уд./мин)	32±15	35±14	НД	0,11	0,61
САД (мм рт.ст.)	28±15	29±10	НД	0,19	0,34
КСО (мл)	-12±11	-13±12	НД	0,12	0,27
КДО (мл)	-5,3±11	0,8±19	НД	0,14	0,35
ИСФ (%)	-3±4	-1±3	НД	0,12	0,39
ФВ (%)	7,3±6,4	7,9±6,8	НД	0,21	0,18
ОЛП (мл)	-1,3±2,3	-1,4±2,1	0,06	0,42	0,08
ВСМК (см)	-0,21±0,18	0,07±0,11	<0,002	0,65	0,01
ППМК (мм <sup>2</sup> )	-1,2±1,9	0,6±2,1	<0,002	0,74	<0,002
СПМО (мм <sup>2</sup> )	-51,3±72,4	62,2±52,1	0,01	0,52	0,02
ДПМО (мм <sup>2</sup> )	-42,4±68,3	51,6±48,3	0,01	0,48	0,02
ФУМО (%)	2,3±11,4	-1,2±9,7	0,03	0,46	0,03
ППМ-МК (см)	-3,4±2,1	-3,2±1,9	НД	0,31	0,17
ЗПМ-МК (см)	-2,0±1,7	0,6±2,1	<0,03	0,57	<0,03
СЗПМзад	-2,5±1,7	1,1±1,5	<0,002	0,67	<0,005
СЗПМбок	-1,7±1,7	-0,5±1,5	<0,005	0,51	<0,005
СППМзад	-2,1±1,5	0,7±1,6	<0,002	0,60	<0,002
СППМбок	-1,3±1,0	0,9±1,1	НД	0,34	0,07
ИЛС (нижняя стенка)	-0,7±0,15	-0,3±0,12	<0,002	0,68	<0,002
ИЛС (нижне-перегородочная стенка)	-0,6±0,13	-0,2±0,14	<0,002	0,65	<0,002
ИЛС (задняя стенка)	-0,5±0,12	-0,3±0,11	<0,05	0,47	<0,05
ИЛС (боковая стенка)	-0,2±0,18	-0,1±0,11	НД	0,31	0,09
ИОС	-0,6±0,14	-0,24±0,13	<0,002	0,64	<0,002
ДППМ (%)	-1,3±0,7	-1,4±0,7	НД	0,28	0,12
ПДИС (%)	3,7±5	-1,8±4	<0,003	0,68	0,004
ДЗПМ (%)	-1,9±1,2	1,8±1,2	<0,001	0,78	<0,001
ПДЛЖ (%)	1,1±1,3	-0,8±1,8	НД	0,38	<0,07
СДПМ (мс)	2,1±1,5	6,9±3,2	<0,01	0,53	<0,01

**Сокращения:** ВСМК — высота смыкания митрального клапана, ДЗПМ — продольная деформация заднемедиальной папиллярной мышцы, ДПМО — диастолическая площадь митрального отверстия, ДППМ — продольная деформация переднелатеральной папиллярной мышцы, ЗПМ-МК — апикальное смещение заднемедиальной папиллярной мышцы, ИЛС — индекс локальной сократимости, ИОС — индекс общей сократимости, ИСФ — индекс сферичности, КДО — конечный диастолический объём, КСО — конечный систолический объём, ОЛП — объём левого предсердия, ПДИС — продольная деформация инфарцированных сегментов, ПДЛЖ — продольная деформация ЛЖ, ППМ-МК — апикальное смещение переднелатеральной папиллярной мышцы, ППМК — площадь систолического верхушечного прогиба створок митрального клапана, ПРО — площадь регургитационного отверстия, САД — систолическое артериальное давление, СДПМ — систолическая диссинхрония папиллярных мышц, СЗПМбок/зад — направление смещения заднемедиальной папиллярной мышцы, СПМО — систолическая площадь митрального отверстия, СППМбок/зад — направление смещения переднелатеральной папиллярной мышцы, ФВ — фракция выброса, ФУМО — фракция укорочения митрального отверстия, ЧСС — частота сердечных сокращений.

ПМ (рис. 3) [9]. Измерялись пики деформации обеих ПМ и время от начала комплекса QRS до пика деформации каждой ПМ (ВПД). Разница ВПД обеих ПМ определяла диссинхронию ПМ [10].

Сегментная и общая деформация ЛЖ измерялась в режиме отслеживания частиц (рис. 4). Деформация инфарцированных стенок ЛЖ определялась как отношение суммы показателей сегментной деформации

Таблица 5

## Изменение ПРО при нагрузке у пациентов с ПИМ

Разница показателей до и после нагрузки	Изменение ПРО после нагрузки		P	Корреляция с ПРО	
	Уменьшение, n=10 (45,5%)	Увеличение, n=12 (54,5%)		R	P
ЧСС (уд./мин)	34±12	36±15	НД	0,14	0,68
САД (мм рт.ст.)	30±17	28±14	НД	0,21	0,42
КСО (мл)	-14±9	-12±8	НД	0,18	0,24
КДО (мл)	-5,7±10	1,1±17	НД	0,24	0,28
ИСФ (%)	-4±4	-2±4	НД	0,27	0,21
ФВ (%)	6,5±6,1	7,4±6,3	НД	0,31	0,11
ОЛП (мл)	-1,2±2,4	1,1±2,0	0,07	0,39	0,09
ВСМК (см)	-0,24±0,14	0,13±0,14	<0,002	0,64	0,002
ППМК (мм <sup>2</sup> )	-1,3±2,1	0,8±2,0	<0,002	0,74	<0,001
СПМО (мм <sup>2</sup> )	-46,3±68,7	31,6±53,1	0,04	0,47	0,03
ДПМО (мм <sup>2</sup> )	-38,1±39,4	37,4±42,6	0,03	0,43	0,04
ФУМО (%)	1,1±9,3	-0,9±8,2	0,04	0,42	0,04
ППМ-МК (см)	-3,1±1,9	1,2±1,7	<0,003	0,58	0,002
ЗПМ-МК (см)	-2,2±2,1	-0,6±1,2	<0,05	0,51	<0,05
СЗПМзад	-1,5±1,2	1,4±1,6	<0,004	0,63	0,03
СЗПМбок	-1,9±1,7	-1,5±1,2	НД	0,29	0,23
СППМзад	-1,7±1,3	0,9±1,4	<0,002	0,63	0,03
СППМбок	-1,4±1,1	0,9±1,1	НД	0,54	0,06
ИЛС (боковая стенка)	-0,1±0,19	-0,2±0,13	НД	0,31	0,09
ИЛС (передняя стенка)	-0,5±0,11	-0,3±0,10	НД	0,23	0,08
ИЛС (передне-перегородочная стенка)	-0,4±0,16	-0,2±0,15	НД	0,34	0,09
ИОС	-0,28±0,12	-0,21±0,15	НД	0,21	0,18
ДППМ (%)	-1,3±0,7	-1,4±0,7	НД	0,28	0,09
ДЗПМ (%)	-2,2±1,1	-1,9±1,3	НД	0,22	0,14
ПДИС (%)	1,3±0,9	0,7±0,8	НД	0,32	0,09
ПДЛЖ (%)	6,8±1,7	1,3±1,4	<0,003	0,65	<0,002
СДПМ (мс)	2,3±1,3	2,5±1,6	НД	0,21	0,14

**Сокращения:** ВСМК — высота смыкания митрального клапана, ДЗПМ — продольная деформация заднемедиальной папиллярной мышцы, ДПМО — диастолическая площадь митрального отверстия, ДППМ — продольная деформация переднелатеральной папиллярной мышцы, ЗПМ-МК — апикальное смещение заднемедиальной папиллярной мышцы, ИЛС — индекс локальной сократимости, ИОС — индекс общей сократимости, ИСФ — индекс сферичности, КДО — конечный диастолический объём, КСО — конечный систолический объём, ОЛП — объём левого предсердия, ПДИС — продольная деформация инфарктированных сегментов, ПДЛЖ — продольная деформация ЛЖ, ППМ-МК — апикальное смещение переднелатеральной папиллярной мышцы, ППМК — площадь систолического верхушечного прогиба створок митрального клапана, ПРО — площадь регургитационного отверстия, САД — систолическое артериальное давление, СДПМ — систолическая диссинхрония папиллярных мышц, СЗПМбок/зад — направление смещения заднемедиальной папиллярной мышцы, СПМО — систолическая площадь митрального отверстия, СППМбок/зад — направление смещения переднелатеральной папиллярной мышцы, ФВ — фракция выброса, ФУМО — фракция укорочения митрального отверстия, ЧСС — частота сердечных сокращений.

ции инфарктированных стенок и количества анализируемых сегментов.

Тредмил стресс ЭхоКГ проводилась до появления симптомов или достижения частоты сердечных сокращений 120 уд./мин. Изображения получены в течение первой минуты покоя. Улучшение сократимости оценивалось по повышению индекса сократимости  $\geq 1$ .

Статистический анализ проведен по программному пакету SPSS 21.0. Значения показателей даны как  $m \pm SD$ . Непрерывные параметры оценены по тесту Стьюдента и U-тесту Манн-Уитни. Значения  $p < 0,05$  приняты как статистически достоверные.

Переменные были исследованы для определения нормального распределения и равных отклонений с использованием теста Колмогорова-Смирнова.

Корреляционный анализ проведен для оценки линейных зависимостей. Значения  $R \geq 0,4$  считались достоверной корреляцией между параметрами.

Бинарный регрессионный анализ использован для выявления независимых предикторов ИМР.

Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинской Декларации. Протокол исследования был одобрен Этическими комитетами всех участвующих клиниче-

Таблица 6

Предикторы ИМР (ПРО) в покое на 7-й день ИМ

Параметры	НЗИМ	ПИМ
ВСМК	0,03	0,01
ППМК	0,01	0,02
СПМО	0,01	0,04
ДПМО	0,03	0,03
ФУМО (%)	0,04	0,04
ЗПМ-МК	0,001	0,09
ПДИС	0,001	0,12
СДПМ	0,01	0,05
ИКДО	0,23	0,002
ИКСО	0,31	0,01
R <sup>2</sup>	0,68	0,65

**Сокращения:** ВСМК — высота смыкания митрального клапана, ДПМО — диастолическая площадь митрального отверстия, ЗПМ-МК — апикальное смещение заднемедиальной папиллярной мышцы, ИКДО — индекс конечно-диастолического объема, ИКСО — индекс конечно-систолического объема, НЗИМ — нижнезадний инфаркт миокарда, ПДИС — продольная деформация инфарцированных сегментов, ПИМ — передне-перегородочно-верхушечный инфаркт миокарда, ППМК — площадь систолического верхушечного прогиба створок митрального клапана, СДПМ — систолическая диссинхрония папиллярных мышц, СПМО — систолическая площадь митрального отверстия, ФУМО — фракция укорочения митрального отверстия.

ских центров. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

### Результаты

Количество пациентов с нижнезадним ИМ и ИМР в покое было достоверно больше по сравнению с пациентами с ПИМ и ИМР. Данные приведены в таблице 1. У пациентов с ИМ одинаковой локализации параметры отличались в зависимости от наличия ИМР (табл. 2, 3). Изменения степени ИМР после нагрузки у пациентов с ИМ обеих локализаций не зависело от степени ИМР в покое. Данные изменения ИМР после нагрузки приведены в таблицах 4, 5.

Предикторы ИМР в покое и после нагрузки отличались у пациентов с ИМ обеих локализаций (табл. 6, 7).

### Обсуждение

Исследование посвящено выявлению механизмов раннего возникновения ИМР в покое и при нагрузке у пациентов с ИМ различной локализации. Исследования ИМР как в раннем периоде ИМ, так и в зависимости от локализации ИМ, малочисленны. Частота ИМР в популяции с ИМ составляет 50%, 38% имеют умеренную, а 12% пациентов среднюю и выраженную ИМР [2]. ИМР диагностируется у пациентов между 7 и 30 днями ИМ [4].

Мы провели исследование на 7-й день ИМ для раннего определения изменений, способствующих образованию ИМР. По нашим данным ИМР присут-

Таблица 7

Предикторы ИМР (ПРО) после нагрузки

Параметры	НЗИМ	ПИМ
ВСМК	0,005	0,001
ППМК	0,0001	0,002
СПМО	0,001	0,01
СЗПМзад	0,0001	0,04
ЗПМ-МК	0,02	0,07
ДЗПМ	0,0001	0,09
ПДИС	0,004	0,08
R <sup>2</sup>	0,73	0,71

**Сокращения:** ВСМК — высота смыкания митрального клапана, ЗПМ-МК — апикальное смещение заднемедиальной папиллярной мышцы, НЗИМ — нижнезадний инфаркт миокарда, ПДИС — продольная деформация инфарцированных сегментов, ПИМ — передне-перегородочно-верхушечный инфаркт миокарда, ППМК — площадь систолического верхушечного прогиба створок митрального клапана, СЗПМбок/зад — направление смещения заднемедиальной папиллярной мышцы, СПМО — систолическая площадь митрального отверстия, ФУМО — фракция укорочения митрального отверстия.

ствует в ранние сроки ИМ и чаще у пациентов с нижнезадним ИМ. Для исследования сократимости ЛЖ и функции ПМ применен метод отслеживания частиц миокарда ЛЖ с определением ее деформации. По данным исследования, деформация инфарцированных сегментов являлась предиктором ИМР при нижнезаднем ИМ, а диссинхрония ПМ — предиктором ИМР при ИМ обеих локализаций. Работы, изучающие деформацию ПМ и их диссинхрония, малочисленны [9, 10], а исследования в раннем периоде ИМ отсутствуют. По нашим данным диссинхрония ПМ >30 мс прогнозирует ИМР.

Исследование проведено также для определения механизмов и предикторов ИМР при нагрузке.

Изменение сократимости при нагрузке изменяет силу воздействия на закрытие створок МК. Во время нагрузки возможны изменения геометрии ЛЖ, что может изменить ориентацию структур митрального аппарата и изменить степень ИМР. С другой стороны, повышение сократимости ПМ может увеличить оттягивание створок МК и усилить ИМР. ИМР в покое зависит от ПРО, градиента систолического давления через отверстие регургитации и продолжительности систолы [5]. В процессе нагрузки градиент систолического давления повышается, продолжительность систолы уменьшается и объем регургитации становится зависимым главным образом от площади отверстия.

По нашим данным степень ИМР при нагрузке у пациентов с ИМ не зависит от степени ИМР в покое.

У пациентов обеих подгрупп с изменением степени ИМР наблюдался одинаковый прирост частоты сердечных сокращений и систолического АД. Таким образом, укорочение систолы не влияет на степень ИМР. Исходные размеры ЛЖ, играющие роль в воз-

никновении ИМР в покое при ПИМ, не влияли на степень ИМР при нагрузке и не являлись предикторами изменения ИМР при нагрузке.

Фактически изменение степени ИМР при нагрузке не зависит от размеров и функции ЛЖ, а зависит от геометрии митрального аппарата.

Действительно, изменения высоты смыкания МК и систолическая площадь под створками МК при нагрузке коррелировали с площадью отверстия регургитации и являлись предикторами степени ИМР при нагрузке. Систолическая площадь митрального отверстия являлась предиктором изменения степени ИМР при нагрузке у пациентов с ИМ обеих локализаций.

Увеличение апикального смещения передней ПМ при нагрузке было связано с увеличением степени ИМР при ПИМ и коррелировало с площадью отверстия регургитации. Однако этот параметр не влиял на степень ИМР в покое у пациентов с ПИМ.

Направление регургитирующего потока различалось у пациентов обеих групп. Пациенты с нижнезадним ИМ имели эксцентрическую регургитацию, у пациентов с ПИМ ИМР имела более центральное направление. У пациентов с ПИМ апикальное смещение обеих ПМ приводит к более симметричному их смещению, что обеспечивает центральное направление ИМР. Нарушение сократимости сегментов ЛЖ

при нижнезаднем ИМ может привести к большему оттягиванию заднемедиальной ПМ, обеспечивая асимметричное смещение створок МК и эксцентрическую ИМР.

Уменьшение степени ИМР при нагрузке наблюдалось чаще у пациентов с нижнезадним ИМ в результате улучшения сократимости инфарктированной зоны, что приводило к уменьшению площади митрального отверстия, улучшению функции митрального кольца и ориентации заднемедиальной ПМ.

У пациентов с нижнезадним ИМ увеличение деформации заднемедиальной ПМ при нагрузке увеличивало степень ИМР из-за большего оттягивания створок МК в заднем направлении. У пациентов с ПИМ изменение деформации обеих ПМ не влияло на степень ИМР при нагрузке, а изменение деформации ЛЖ приводило к изменению степени ИМР.

Таким образом, у пациентов на раннем этапе ИМ ИМР имеет динамический характер, и ее интенсивность различается в покое и при нагрузке. Параметры, коррелирующие с наличием и степенью ИМР в покое и при нагрузке, как и предикторы ИМР, различны.

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

### Литература/References

1. Piérard LA, Carabello BA. Ischaemic mitral regurgitation: Pathophysiology, outcomes and the conundrum of treatment. *Eur Heart J*. 2010;31:2996-3005. doi:10.1093/eurheartj/ehq411.
2. Varma PK, Krishna N, Jose RL, et al. Ischemic mitral regurgitation. *Ann Card Anaesth*. 2017;20(4):432-9. doi:10.4103/aca.ACA\_58\_17.
3. Meris A, Amigoni M, Verma A, et al. Mechanisms and predictors of mitral regurgitation after high-risk myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012;25:535-42. doi:10.1016/j.echo.2012.01.006.
4. Agricola E, Oppizzi M, Pisani M, et al. Ischemic mitral regurgitation: mechanisms and echocardiographic classification. *Eur J of Echocardiogr*. 2008;9:207-21. doi:10.1016/j.euje.2007.03.034.
5. Szymanski C, Levine RA, Tribouilloy C, et al. Impact of mitral regurgitation on exercise capacity and clinical outcomes in patients with ischemic left ventricular dysfunction. *Am J Cardiol*. 2011;108:1714-20. doi:10.1016/j.amjcard.2011.07.045.
6. 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 *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28:1-39. doi:10.1016/j.echo.2014.10.003.
7. Dudzinski DM, Hung J. Echocardiographic assessment of ischemic mitral regurgitation. *Cardiovasc Ultrasound*. 2014;12:46. doi:10.1186/1476-7120-12-46.
8. Lancellotti P, Tribouilloy C, Hagendorff A, et al. Recommendations for the echocardiographic assessment of native valvular regurgitation: An executive summary from the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2013;14:611-44. doi:10.1093/ehjci/jet105.
9. Tigen K, Karaahmet T, Dundar C, et al. The importance of papillary muscle dyssynchrony in predicting the severity of functional mitral regurgitation in patients with nonischemic dilated cardiomyopathy: a two dimensional speckle tracking echocardiography study. *Eur J Echocardiogr*. 2010;11:671-6. doi:10.1093/ejehocard/jeq040.
10. Kılıçgedik A, Kahveci G, Gurbuz S, et al. Papillary muscle free strain in patients with severe degenerative and functional mitral regurgitation *Arq Bras Cardiol*. 2017;108(4):339-46. doi:10.5935/abc.20170035.