



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1479>

Конкретизация роли эхокардиографического пособия при проведении баллонной митральной вальвулопластики

© Зуфаров М.М., Им В.М.*, Хамдамов С.К.

ГУ «Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр хирургии имени академика В. Вахидова»; 100115 Ташкент, ул. Кичикхалкайули, д. 10, Республика Узбекистан

Цель исследования: оценка результатов баллонной митральной вальвулопластики (БМВ) стеноза митрального клапана под ультразвуковым контролем, обобщение роли эхокардиографии (ЭхоКГ) в диагностике, лечении митрального стеноза (МС) ревматической этиологии.

Материал и методы. В исследование включено 47 пациентов с МС, которым была выполнена БМВ по методике Inoue с включением ЭхоКГ как дополнительного метода контроля при проведении этапов вмешательства. Большинство пациентов составили женщины – 39 (82,9%). Средний возраст пациентов $49,8 \pm 6,14$ года. Синусовый ритм был у 35 (74,5%) пациентов, у оставшихся 12 (25,5%) была фибрилляция предсердий.

Результаты. Среднее время, затраченное на процедуру (включающее момент от пункции вены до удаления катетера), составило $48,76 \pm 6,48$ мин. Размер баллонного катетера $26,3 \pm 0,91$ мм. Средний трансмитральный градиент снизился с $14,15 \pm 2,75$ мм рт.ст. до $6,1 \pm 1,15$ мм рт.ст. ($p < 0,05$). Среднее давление в легочной артерии снизилось с $28,48 \pm 2,26$ мм рт.ст. до $15,2 \pm 3,68$ мм рт.ст. ($p < 0,05$). Давление в левом предсердии снизилось с $27,86 \pm 3,87$ мм рт.ст. до $13,4 \pm 2,75$ мм рт.ст. ($p < 0,05$) после БМВ. Площадь митрального отверстия до БМВ в среднем составляла $0,95 \pm 0,14$ см², а после БМВ увеличилась до $1,89 \pm 0,25$ см² ($p < 0,05$). Осложнений во время и после процедуры не было. Средняя длительность наблюдения после операции составила $11,35 \pm 1,14$ мес.

Заключение. БМВ является эффективным и безопасным методом лечения МС у отобранных для данной процедуры пациентов. ЭхоКГ является не только основным методом при диагностике МС, но и должна использоваться на всех этапах БМВ. Совершенствование использования ЭхоКГ во время эндоваскулярного вмешательства позволяет значительно снизить рентгенооблучение, а в дальнейшем и полностью избежать его применения.

Ключевые слова: ревматизм; митральный стеноз; баллонная митральная вальвулопластика; эхокардиография; лучевая нагрузка

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Зуфаров М.М., Им В.М., Хамдамов С.К. Конкретизация роли эхокардиографического пособия при проведении баллонной митральной вальвулопластики. *Медицинская визуализация*. 2025; 29 (2): 10–19. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1479>

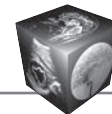
Поступила в редакцию: 26.05.2024. Принята к печати: 22.04.2025. Опубликовано online: 29.04.2025.

Specification of the role of echocardiographic guidance during balloon mitral valvuloplasty

© Mirjamol M. Zufarov, Vadim M. Im*, Sanzhar K. Khamdamov

State Institution "Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Surgery named after academician V. Vakhidov"; 10, Kichikkhalkayuli str., Tashkent 100115, Uzbekistan

Objective: to evaluate the outcomes of balloon mitral valvuloplasty (BMV) for mitral valve stenosis (MVS) performed under ultrasound guidance, and to summarize the role of echocardiography (EchoCG) in the diagnosis and treatment of rheumatic mitral stenosis (MS).



Materials and methods. This study included 47 patients with MS who underwent BMV using the Inoue technique, with echocardiography employed as an auxiliary method for procedural guidance. The majority of patients were women – 39 (82.9%). The mean age was 49.8 ± 6.14 years. Sinus rhythm was present in 35 (74.5%) patients, while atrial fibrillation (AF) was observed in 12 (25.5%).

Results. The mean duration of the procedure (from venous puncture to catheter removal) was 48.76 ± 6.48 minutes. The average size of the balloon catheter was 26.3 ± 0.91 mm. The mean transmitral pressure gradient decreased significantly from 14.15 ± 2.75 mmHg to 6.1 ± 1.15 mmHg ($p < 0.05$). The mean pulmonary artery pressure (PAP) was reduced from 28.48 ± 2.26 mmHg to 15.2 ± 3.68 mmHg ($p < 0.05$). Left atrial (LA) pressure dropped from 27.86 ± 3.87 mmHg to 13.4 ± 2.75 mmHg ($p < 0.05$) after BMV. The mitral valve area (MVA) increased from 0.95 ± 0.14 cm² to 1.89 ± 0.25 cm² ($p < 0.05$). No intraoperative or postoperative complications were observed. The mean follow-up duration was 11.35 ± 1.14 months.

Conclusion. BMV is an effective and safe treatment option for selected patients with MS. Echocardiography not only plays a central role in diagnosing MS but should also be integrated into all stages of the BMV procedure. Enhancing the use of echocardiographic guidance during endovascular intervention can significantly reduce radiation exposure, and potentially eliminate its need altogether in the future.

Keywords: rheumatic fever; mitral stenosis; balloon mitral valvuloplasty; echocardiography; radiation exposure

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Zufarov M.M., Im V.M., Khamdamov S.K. Specification of the role of echocardiographic guidance during balloon mitral valvuloplasty. *Medical Visualization*. 2025; 29 (2): 10–19. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1479>

Received: 26.05.2024.

Accepted for publication: 22.04.2025.

Published online: 29.04.2025.

Введение

Ревматические пороки сердца являются весьма распространенной причиной сердечно-сосудистых заболеваний в мире и особенно в развивающихся странах [1–3]. Причиной развития острой ревматической лихорадки является бета-гемолитический стрептококк группы А (БГА). В дальнейшем развивается аутоиммунная реакция организма, так как антиген БГА имеет схожую структуру с гликопротеином, входящим в структуру ткани клапанов сердца и эндокарда. Поэтому антитела, выработанные самим организмом в ответ на внедрение и воздействие инфекционного агента, начинают “атаковать” собственные ткани.

Ревмокардит является осложнением ревматической лихорадки в 70–85% случаев. Затем острый процесс сменяется хронической ревматической болезнью сердца [4]. В той или иной степени могут поражаться любые сердечные клапаны, однако наиболее часто страдает митральный клапан (МК), что проявляется развитием митрального стеноза (МС). Воспалительный процесс вызывает прогрессирующий фиброз створок клапана, подклапанных структур, что, в конечном счете, приводит к сращению комиссур, укорочению клапанных хорд и сужению просвета митрального отверстия (МО). Все это приводит к изменению внутрисердечной гемодинамики, обусловленному затруднением тока крови из левого предсердия (ЛП) в левый желудочек (ЛЖ). Прогрессирующее сужение МО приводит к снижению толерантности к физической нагрузке, одышке, обусловленным легочной гипертензией, правожелудочковой недостаточностью, развитию отека легких. Вдобавок у больных

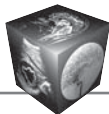
может развиваться фибрилляция предсердий (ФП), тромбоэмболия и смерть [5, 6].

До середины XX века МС лечился сугубо путем проведения кардиохирургической операции – митральной комиссуротомии и протезирования МК. В 1984 г. японский врач К. Иноуэ первым описал методику баллонной митральной вальвулопластики (БМВ), впоследствии названную его именем [7]. За многие годы применения данной методики она зарекомендовала себя эффективной и безопасной в лечении МС [8–11]. Более того, результаты после БМВ оказались аналогичными по частоте рестеноза МК по сравнению с митральной комиссуротомией [12, 13].

Эхокардиография (ЭхоКГ), несомненно, играет определяющую роль в диагностике МС, оценке его состояния, определении дальнейшей тактики лечения, а также в проведении динамического наблюдения [14]. Наряду с этим дальнейшее определение места ЭхоКГ на каждом этапе рентген-эндоваскулярного лечения МС все еще требует подробного изучения.

Методика БМВ по Иноуэ с момента ее разработки в 1984 г. продемонстрировала хорошие непосредственные и отдаленные результаты [15, 16].

Тем не менее не следует забывать об отрицательном воздействии ионизирующего облучения как на пациента, так и медицинский персонал во время проведения рентгенэндоваскулярного вмешательства, даже при применении современного оборудования и методов защиты от рентгенизлучения. Применение контрастного вещества во время процедуры оказывает воздействие на организм, в частности, возможно развитие контра-



стиндуцированной нефропатии, а также аллергической реакции на йодсодержащее вещество. Исходя из вышесказанного, несомненно, следует ограничивать дозу лучевой нагрузки и минимизировать количество применяемого контрастного вещества [17, 18].

Вопросы применения контрастного вещества стоят остро у больных с хронической почечной недостаточностью, а также при проведении рентген-эндоваскулярного вмешательства у беременных пациенток [19, 20]. Учитывая вышеизложенное, проведение БМВ с применением ЭхоКГ и минимизацией рентгенизлучения является актуальной проблемой, требующей дальнейшего решения.

Цель исследования: оценка результатов БМВ стеноза митрального клапана под ультразвуковым контролем, обобщение роли ЭхоКГ в диагностике, лечении митрального стеноза ревматической этиологии.

Материал и методы

В исследование включено 47 пациентов с МС на базе ГУ «РСНПМЦХ имени академика В. Вахидова», которым была выполнена БМВ по методике Inoue с включением ЭхоКГ как дополнительного метода контроля при проведении этапов вмешательства. Большинство пациентов составили женщины – 39 (82,9%). Средний возраст пациентов $49,8 \pm 6,14$ года. Синусовый ритм был у 35 (74,5%) пациентов, у оставшихся 12 (25,5%) была ФП. ЭхоКГ производилась на аппарате Logic P6 (General Electric Healthcare, США).

Согласно критериям включения, в исследование вошли пациенты, которым была показана БМВ согласно данным трансторакальной ЭхоКГ, а именно: возраст старше 18 лет с площадью МО менее $1,5 \text{ см}^2$. Критериями исключения явились: митральная регургитация (MP) более II степени, клапанные аортальные пороки (площадь аортального клапана менее $1,5 \text{ см}^2$ или недостаточность

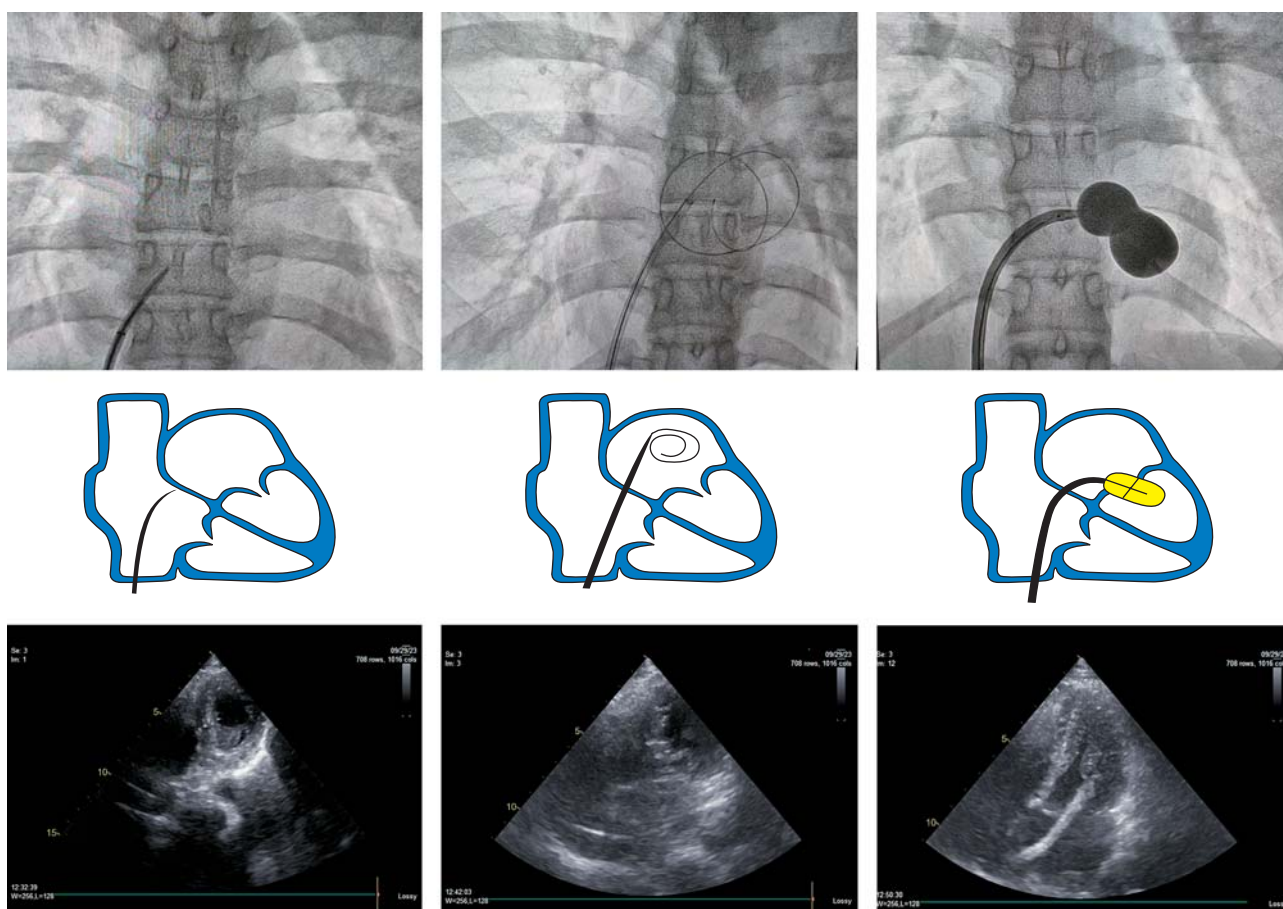


Рис. 1. Основные этапы баллонной митральной вальвулопластики на рентгеновском изображении (верхний ряд), схематическое изображение (средний ряд) и изображение при эхокардиографическом контроле (нижний ряд).

Fig. 1. Key stages of balloon mitral valvuloplasty as seen on fluoroscopic imaging (top row), schematic illustration (middle row), and echocardiographic guidance (bottom row).



аортального клапана более II степени), баллы по шкале Wilkins 8 и более, а также тромбоз ушка ЛП.

Исследования проводились согласно общепринятым протоколам. Всем пациентам выполнялось клинично-лабораторное обследование. В инструментальные методы были включены рентгеноскопия грудной клетки, электрокардиография, трансторакальная ЭхоКГ, при необходимости проводились транспищеводная ЭхоКГ, ультразвуковое исследование вен нижних конечностей. Информированное согласие на проведение вмешательства давали сами пациенты или ответственные за них лица.

БМВ производилась согласно методике Inoue в условиях рентгенооперационной. Каждый этап вмешательства проводился под контролем ЭхоКГ. В частности, производилась визуализация при пункции межпредсердной перегородки (МПП). Во время вмешательства рентгеновизуализация применялась только при крайней необходимости, при манипуляции инструментами в полости сердца. В частности, проведение баллонного катетера из полости в ЛП в ЛЖ через суженное МО, момент его расширения и сдутия требовал дополнительной визуализации. ЭхоКГ производилась после каждого раздутия баллона (рис. 1).

При этом оценивались площадь МО планиметрическим методом, подвижность створок МК, изменение трансмитрального градиента, давление в легочной артерии (ЛА), степень МР. Процедура завершалась после достижения площади МО $1,5 \text{ см}^2$ и более, достижения трансмитрального градиента 8 мм рт.ст. и менее или при появлении МР II степени. Для беременных обеспечивались дополнительные меры радиационной безопасности для плода.

Статистическая обработка результатов проведена на персональном компьютере с использованием пакета программ Microsoft Excel (Microsoft, США). Средние значения представлены с величиной стандартного отклонения $M \pm m$. Достоверность различий количественных показателей определялась с помощью t-критерия Стьюдента. Приемы непараметрической статистики включали точный метод Фишера и оценку данных по критерию χ^2 . Статистически значимыми считали различия при значениях $p < 0,05$.

Результаты исследования

Среднее время, затраченное на процедуру (включающее момент от пункции вены до удаления катетера), составило $48,76 \pm 6,48$ мин. Размер баллонного катетера $26,3 \pm 0,91$ мм. Средний трансмитральный градиент снизился с $14,15 \pm 2,75$ мм рт.ст. до $6,1 \pm 1,15$ мм рт.ст. ($p < 0,05$).

Среднее давление в ЛА снизилось с $28,48 \pm 2,26$ мм рт.ст. до $15,2 \pm 3,68$ мм рт.ст. ($p < 0,05$), давление в ЛП – с $27,86 \pm 3,87$ мм рт.ст. до $13,4 \pm 2,75$ мм рт.ст. ($p < 0,05$) после БМВ. Площадь МО до БМВ в среднем составляла $0,95 \pm 0,14 \text{ см}^2$, а после БМВ увеличилась до $1,89 \pm 0,25 \text{ см}^2$ ($p < 0,05$). Осложнений во время и после процедуры не было. Средняя длительность наблюдения после операции составила $11,35 \pm 1,14$ мес.

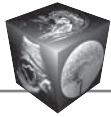
Как показано в табл. 1, большинство пациентов составили женщины – 39 (82,9%). Мужчин было 8 (17,1%). Средний возраст пациентов $49,8 \pm 6,14$ года. Синусовый ритм был у 35 (74,5%) пациентов, у оставшихся 12 (25,5%) была ФП.

Всем больным с ФП выполнялась транспищеводная ЭхоКГ для исключения тромбоза ЛП. Беременных было 7 (14,8%). Срок беременности составил $20 \pm 1,4$ нед. Площадь МО измерялась планиметрическим методом и составила до БМВ $0,95 \pm 0,14 \text{ см}^2$, трансмитральный градиент $14,15 \pm 2,75$ мм рт.ст., МР у 37 (78,7%) больных отсутствовала, у 10 (21,3%) составляла не более I степени. Количество баллов по шкале Wilkins составило $7,32 \pm 0,45$. Всем больным была успешно выполнена БМВ под интраоперационным этапным ЭхоКГ-контролем. Из них было 7 (14,8%) беременных. Среднее время, затраченное на процедуру (включающее момент от пункции вены до удаления катетера), составило $48,76 \pm 6,48$ мин. Размер баллонного катетера $26,3 \pm 0,91$ мм. Средний трансмитральный градиент снизился с $14,15 \pm 2,75$ мм рт.ст. до $6,1 \pm 1,15$ мм рт.ст.

Таблица 1. Клинико-инструментальные показатели больных с МС

Table 1. Clinical and instrumental parameters in patients with mitral stenosis (MS)

Параметры Parameter	Показатели Value
Возраст, годы Age, years	49.8 ± 6.14
Женщины Women	8 (17.1%)
Мужчины Men	39 (82.9%)
Беременные Pregnant	7 (14.8%)
Шкала Wilkins Wilkins score	7.32 ± 0.45
Синусовый ритм Sinus rhythm	35 (74.5%)
Фибрилляция предсердий Atrial fibrillation	12 (25.5%)

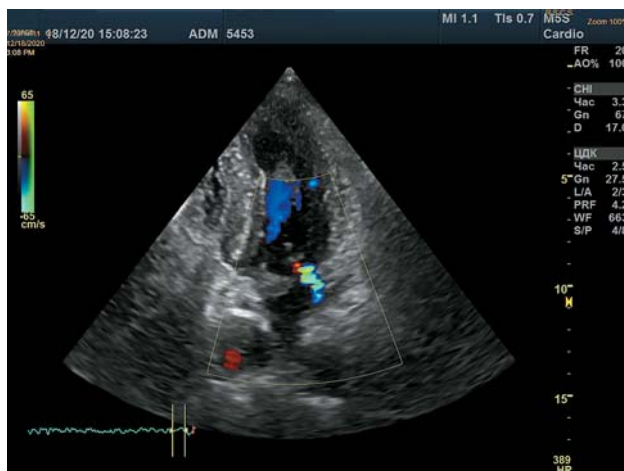
**Таблица 2.** Эхокардиографические показатели до и после баллонной митральной вальвулопластики**Table 2.** Echocardiographic parameters before and after balloon mitral valvuloplasty

Показатели Parameter	До БМВ Before BMV	После БМВ After BMV	p
Трансмитральный градиент, мм рт.ст. Transmitral gradient, mmHg	14.15 ± 2.75	6.1 ± 1.15	<0.05
ФВ, % LVEF, %	57.2 ± 1.24	56.3 ± 1.15	>0.05
Давление в ЛП, мм рт.ст. LA pressure, mmHg	27.86 ± 3.87	13.4 ± 2.75	<0.05
Площадь МО, см ² MVA, cm ²	0.95 ± 0.14	1.89 ± 0.25	<0.05
Давление в ЛА PA pressure, mmHg	28.48 ± 2.26	15.2 ± 3.68	<0.05

($p < 0,05$), среднее давление в ЛА – с $28,48 \pm 2,26$ мм рт.ст. до $15,2 \pm 3,68$ мм рт.ст. ($p < 0,05$). Давление в ЛП снизилось с $27,86 \pm 3,87$ мм рт.ст. до $13,4 \pm 2,75$ мм рт.ст. ($p < 0,05$) после БМВ. Площадь МО до БМВ в среднем составляла $0,95 \pm 0,14$ см², а после БМВ увеличилась до $1,89 \pm 0,25$ см² ($p < 0,05$) (табл. 2). После БМВ у 8 (16,8%) пациентов возникла МР I степени, у 2 (4,2%) – МР II степени (рис. 2). Осложнений во время и после процедуры не было.

Средняя длительность наблюдения после операции составила $11,35 \pm 1,14$ мес. Все пациенты наблюдались амбулаторно.

В течение полугода наблюдения 2 (4,2%) больных подверглись хирургическому лечению МК. В раннем и позднем послеоперационном периодах отмечалось значительное улучшение в течении хронической сердечной недостаточности по NYHA.

**Рис. 2.** Митральная регургитация I степени после баллонной митральной вальвулопластики.**Fig. 2.** Grade I mitral regurgitation following balloon mitral valvuloplasty.

Обсуждение

Целью данного исследования был поиск путей снижения полученной больными дозы радиации при проведении БМВ. Данный вопрос является особо актуальным при проведении рентгенэндоваскулярного вмешательства у беременных женщин со стенозом МК. С этой целью большое внимание мы уделяем применению ЭхоКГ на всех этапах БМВ, когда требуется рентгеноскопическая визуализация. В том числе мы стремимся заменить рентгеноскопический контроль только ЭхоКГ-мониторингом.

Наше исследование включало в себя 47 пациентов с МК ревматической этиологии, которым проводилась стандартная БМВ по методике Inoue с применением ЭхоКГ. Благодаря поэтапному усовершенствованию подобной техники БМВ у двух больных БМВ проводилась под контролем только ЭхоКГ без применения рентгеновизуализации. Согласно данным R.S. Livingstone и соавт., при соблюдении всех возможных мер по снижению рентгенонагрузки DAP при БМВ составила 9,36 Гр/см² [17]. При проведении БМВ на том же ангиографическом аппарате без тщательного соблюдения принципа ALARA DAP, по данным авторов, составила 21,19 Гр/см². Согласно данным ряда других авторов, аналогичный показатель составил при БМВ от 96,42 до 161,9 Гр/см² [21, 22]. Согласно нашим данным, средняя лучевая нагрузка у всех пациентов, измеренная в DAP, показала снижение данного показателя до $3,21 \pm 1,3$ Гр/см², что является ниже на 30% по сравнению с нашими данными у больных, которым проводилась БМВ только под флуороскопическим контролем.

Применение вышеуказанной методики не повлияло на результаты проведенных вмешательств. У всех больных отмечалось значительное улучшение внутрисердечной гемодинамики и клиническое улучшение после вмешательства. Ни у одного

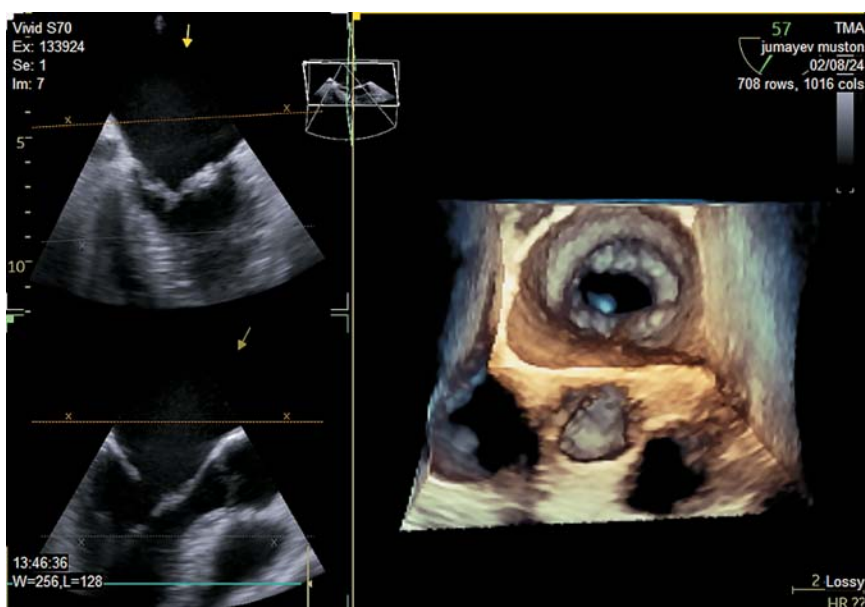
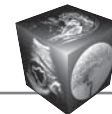


Рис. 3. 3D-реконструкция митрального клапана при трансопищеводной эхокардиографии.

Fig. 3. 3D reconstruction of the mitral valve using transesophageal echocardiography.

больного не было осложнений. Полученные результаты соответствовали данным различных исследований [23–26]. Также во время БМВ под контролем ЭхоКГ рентгенконтрастное вещество не применялось, в отличие от стандартной методики БМВ по Itoue.

Применение ЭхоКГ до БМВ. К ЭхоКГ-признакам МС относятся следующие: формирование сращения между створками МК по типу “рыбьего рта”, клюшкообразная деформация передней створки МК, ограничение подвижности задней створки МК, утолщение подклапанных структур и укорочение хорд. Для оценки трансмитрального градиента и степени МР проводится доплер-ЭхоКГ. С целью измерения площади МО применяется метод вычисления времени полураспада градиента давления или же прямое измерение планиметрическим методом.

Современные методы ультразвуковой диагностики, в частности 3D-реконструкция полостей и структур сердца, позволяют производить более детальную визуализацию МК (рис. 3).

Результаты БМВ во многом зависят от анатомических характеристик МК. Перед тем как определить показания к БМВ, следует тщательно оценить состояние МК, так как это во многом определяет успех процедуры. Для этого широко применяется шкала Wilkins [14, 27]. При применении данной шкалы производится определение следующих параметров МК: подвижность створок, степень утолщения створок, степень кальциноза створок и изменение подклапанных структур. Каждый параметр оценивается по четырехбалльной шкале от 1 до 4. Суммарно возможно определение до

максимальных 16 баллов. При этом количество баллов 8 и менее свидетельствует о потенциально хороших результатах БМВ, в то время как более 8 баллов прогнозируют неудовлетворительные результаты. Однако имеется ряд публикаций различных авторов, в которых указывается, что выполнение БМВ возможно при количестве баллов больше 8 у тяжелой категории больных с наличием сопутствующихотягощающих состояний [28].

Выраженный кальциноз створок МК ассоциирован с повышением риска появления МР после БМВ. Выраженная МР является предиктором инвалидизации и смертности у данной категории больных. Помимо шкалы Wilkins, также существует шкала Radial, которая позволяет спрогнозировать риск развития МР после БМВ, учитывая степень кальциноза МК [29, 30]. Данные шкалы основаны на количественном анализе морфологии структур МК и могут быть эффективными при наблюдении одним и тем же специалистом ЭхоКГ [3].

Основным механизмом при БМВ является разъединение сросшихся комиссур. То есть наибольший эффект можно получить, если имеется превалирующее сращение клапанных створок. В противовес, если МС обусловлен сращением подклапанных структур, то БМВ оказывается малоэффективной [16].

В работах М.С. Nunes и соавт. было предложено вычисление отношения площади комиссур и подвижности створок для прогнозирования результатов БМВ [31]. Данные критерии включают в себя как морфологическую оценку, так и оценку функции клапана. Отношение площади комиссур более 1,25 и подвижность створок 12 мм и менее

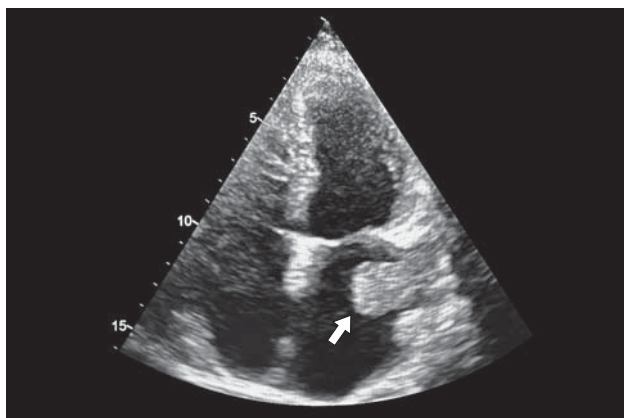
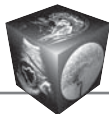


Рис. 4. Тромбоз ушка левого предсердия, выявленный при трансторакальном эхокардиографическом исследовании (стрелка).

Fig. 4. Left atrial appendage thrombosis detected by transthoracic echocardiography (arrow).

свидетельствуют о том, что результаты БМВ будут неудовлетворительными.

МР II степени и более является противопоказанием к БМВ. Учитывая вышесказанное, следует отметить, что важным ограничением всех перечисленных шкал является отсутствие оценки исходной МР.

Применение ЭхоКГ во время БМВ. Согласно общепринятому протоколу, перед проведением БМВ производится ЭхоКГ-оценка МК. В случае необходимости перед процедурой производится транспищеводная ЭхоКГ, которая позволяет обнаружить/исключить тромб в полости ЛП, а также произвести более точную визуализацию МК. Тромбоз ушка ЛП или самого ЛП является противопоказанием к БМВ, так как это чревато развитием интраоперационного инсульта (рис. 4).

Исключением могут являться только особые обстоятельства, когда предполагаемая польза оказывается больше возможного риска. На ЭхоКГ также можно увидеть так называемый “синдром спонтанного эхоконтрастирования” или “smoke”, который предполагает застой крови в полости ЛП и риск тромбообразования. Однако данный феномен сам по себе не является противопоказанием к БМВ. Транспищеводная ЭхоКГ, а также внутрисердечное ультразвуковое исследование во время проведения БМВ способствуют лучшему контролю при проведении пункции межпредсердной перегородки (МПП), особенно у больных с особенностями в анатомии МПП, смещением ее при дилатированном ЛП. Оптимальной считается пункция МПП в задненижнем отделе овальной ямки. Ультразвуковое пособие позволяет визуализировать транссептальную иглу в ЛП. Во время пункции

МПП натягивается как “крыша палатки”, что определяется при УЗИ как “tenting”. Также ЭхоКГ позволяет производить контроль расположения инструментов для БМВ в полости ЛП, таких как проводник, буж, сам баллонный катетер. Следует учитывать, что ушко ЛП является тонкостенной структурой, легко подвергающейся повреждению, и находится по пути траектории движения проводимых в полость ЛП вышеуказанных инструментов.

Успех БМВ во многом зависит непосредственно от правильного подбора размера баллонного катетера Inoue. При слишком большом диаметре происходит чрезмерное повреждение створок, комиссур МК, а также его подклапанных структур, что, как уже было отмечено, приводит к развитию МР. Слишком маленький диаметр рабочей части катетера просто не разделит сросшиеся комиссуры и адекватно не расширит МО.

Самым распространенным методом подбора размера баллонного катетера является учет роста или площади поверхности тела больного. Однако рост и диаметр МО не всегда имеют прямую корреляцию между собой. H.R. Sanati и соавт. предложили измерение площади МО и/или расстояние между комиссурами в апикальной двухкамерной позиции во время интраоперационной ЭхоКГ [32].

ЭхоКГ во время вмешательства позволяет как оценить адекватность выполнения БМВ, так и своевременно обнаружить осложнения. При каждом расширении баллона производится поэтапная ЭхоКГ-оценка МК, а именно, площадь МО, трансмитральный градиент и степень МР (рис. 5).

ЭхоКГ по сравнению с рентгеноскопией позволяет лучше оценить анатомию и гемодинамику. В первую очередь, необходимо под ЭхоКГ-контролем определить подходящее место для пункции МПП. Игла Бракенрауна определяется по натяжению МПП подобно тенту палатки, так называемый “tenting”, что определяется в четырехкамерной позиции и парастеральной позиции по короткой оси. Расстояние от места пункции до МК может быть рассчитано в соответствии с размером ЛП, что облегчает прохождение баллона через МК. После пункции вводится физиологический раствор через просвет иглы, что облегчает идентификацию кончика катетера в полости ЛП.

Также применение ЭхоКГ позволяет контролировать прохождение катетера для БМВ через МО. Соотношение баллона и структур сердца хорошо визуализируется при ЭхоКГ, что позволяет оператору корректировать направление катетера и оценивать манипуляции баллоном при прохождении через суженное левое атриовентрикулярное отверстие. В то же время при рентгенологическом

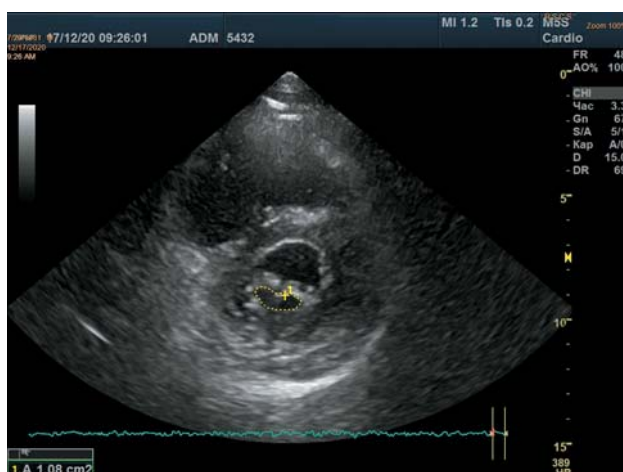
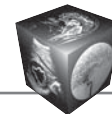


Рис. 5. Трансторакальное 2D-эхокардиографическое изображение митрального клапана с планиметрическим измерением его площади до (сверху) и после (снизу) баллонной митральной вальвулопластики.

Fig. 5. Transthoracic 2D echocardiographic image of the mitral valve with planimetric measurement of the valve area before (top) and after (bottom) balloon mitral valvuloplasty.

контроле невозможно точно определить пространственное взаимоотношение между баллоном и МО (см. рис. 1).

Еще одним преимуществом является то, что ЭхоКГ может показать соотношение раскрытого баллона и МО в горизонтальной плоскости клапана, что повышает точность процедуры дилатации [24].

После каждого расширения баллона ЭхоКГ позволяет измерить площадь МО, трансмитральный градиент, МР, оценить состояние подклапанных структур, раскрытие комиссур, оценить мобильность створок, а также выявить возможные осложнения. Также наличие и выраженность МР (усугубившейся или вновь возникшей) могут быть оценены без применения левой вентрикулографии (рис. 6).

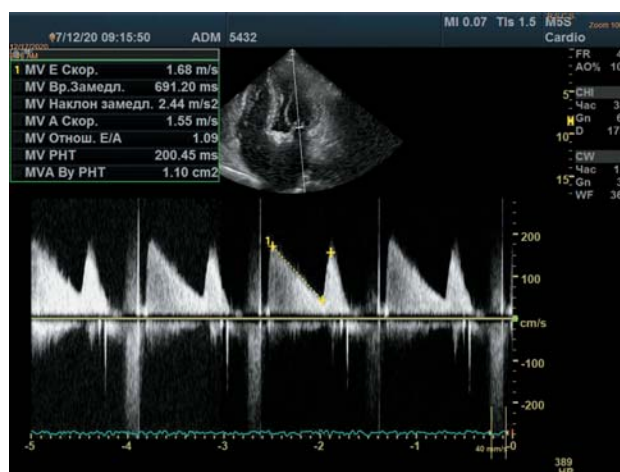


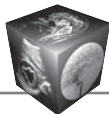
Рис. 6. Допплеровское исследование митрального клапана до (сверху) и после (снизу) баллонной митральной вальвулопластики.

Fig. 6. Doppler study of the mitral valve before (top) and after (bottom) balloon mitral valvuloplasty.

В ряде медицинских центров, например Fuway Hospital (Пекин, Китай), некоторые эндоваскулярные вмешательства стали проводить под ЭхоКГ-контролем без применения рентгеноскопии (Percutaneous And Non-Fluoroscopic procedure, PAN). В частности, выполняются такие вмешательства, как транскатетерное закрытие окклюдером ДМПП, ОАП, ДМЖП, вальвулопластика СМО и СЛА [23–26].

По завершении процедуры ЭхоКГ позволяет исключить наличие гемоперикарда, который может развиваться как осложнение вмешательства.

Таким образом, нами производится постепенный переход от традиционного рентгенэндоваскулярного вмешательства к “zero fluoro”, то есть



эндоваскулярному вмешательству без применения флуороскопии под контролем ЭхоКГ.

Применение ЭхоКГ после БМВ. В ближайшем послеоперационном периоде ЭхоКГ позволит оценить площадь МО, трансмитральный градиент и степень МР. Частота МР после БМВ, согласно различным источникам, составляет от 1 до 10% [33, 34]. Оценка площади МО после БМВ следует производить методом планиметрии, но не методом определения времени полураспада (см. рис. 5). Это обусловлено тем, что данный метод опирается на движение стенок ЛП и ЛЖ, которые меняются после БМВ [3].

Таким образом, результаты имеющейся литературы и клинические данные показывают возможности выполнения БМВ по методике Inoue под ЭхоКГ-мониторингом с возможностью снижения времени рентгеноскопии или отказа от рентгеновизуализации.

Заклучение

БМВ является эффективным и безопасным методом лечения МС у отобранных для данной процедуры пациентов. ЭхоКГ является не только основным методом при диагностике МС, но и должна использоваться на всех этапах БМВ. Совершенствование использования ЭхоКГ во время эндоваскулярного вмешательства позволяет значительно снизить рентгенооблучение, а в дальнейшем и полностью избежать его применения. Проведение подобных эндоваскулярных вмешательств только под ЭхоКГ-визуализацией без применения рентгеноскопии требует дальнейшего изучения.

Участие авторов

Зуфаров М.М. – концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация полученных данных, утверждение окончательного варианта статьи.

Им В.М. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, статистическая обработка данных, написание текста, подготовка, создание опубликованной работы.

Хамдамов С.К. – сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, статистическая обработка данных, участие в научном дизайне.

Authors' participation

Zufarov M.M. – concept and design of the study, analysis and interpretation of the obtained data, approval of the final version of the article.

Im V.M. – concept and design of the study, collection and analysis of data, review of publications, statistical analysis, writing text, preparation and creation of the published work.

Khamdamov S.K. – collection and analysis of data, review of publications, statistical analysis, participation in scientific design.

Список литературы [References]

1. lung B., Vahanian A. Epidemiology of valvular heart disease in the adult. *Nat. Rev. Cardiol.* 2011; 8 (3): 162–172. <http://doi.org/10.1038/nrcardio.2010.202>
2. Roth G.A., Johnson C., Abajobir A. et al. Global, Regional, and National Burden of Cardiovascular Diseases for 10 Causes, 1990 to 2015. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2017; 70 (1): 1–25. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.04.052>
3. Passeri J.J., Dal-Bianco J.P. Percutaneous Balloon Mitral Valvuloplasty: Echocardiographic Eligibility and Procedural Guidance. *Interv. Cardiol. Clin.* 2018; 7 (3): 405–413. <http://doi.org/10.1016/j.iccl.2018.04.003>
4. Nobuyoshi M., Arita T., Shirai S. et al. Percutaneous balloon mitral valvuloplasty: a review. *Circulation.* 2009; 119 (8): e211–9. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.792952>
5. Wilson J.K., Greenwood W.F. The natural history of mitral stenosis. *Can. Med. Assoc. J.* 1954; 71 (4): 323–331.
6. Harb S.C., Griffin B.P. Mitral Valve Disease: a Comprehensive Review. *Curr. Cardiol. Rep.* 2017; 19 (8): 73. <http://doi.org/10.1007/s11886-017-0883-5>
7. Inoue K., Owaki T., Nakamura T. et al. Clinical application of transvenous mitral commissurotomy by a new balloon catheter. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1984; 87 (3): 394–402.
8. Arora R., Nair M., Kalra G.S. et al. Immediate and long-term results of balloon and surgical closed mitral valvotomy: a randomized comparative study. *Am. Heart J.* 1993; 125 (4): 1091–1094. [http://doi.org/10.1016/0002-8703\(93\)90118-s](http://doi.org/10.1016/0002-8703(93)90118-s)
9. de Souza J.A., Martinez E.E. Jr., Ambrose J.A. et al. Percutaneous balloon mitral valvuloplasty in comparison with open mitral valve commissurotomy for mitral stenosis during pregnancy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2001; 37 (3): 900–903. [http://doi.org/10.1016/s0735-1097\(00\)01184-0](http://doi.org/10.1016/s0735-1097(00)01184-0)
10. Turi Z.G. The 40th Anniversary of Percutaneous Balloon Valvuloplasty for Mitral Stenosis: Current Status. *Struct. Heart.* 2022; 6 (5): 100087. <http://doi.org/10.1016/j.shj.2022.100087>
11. lung B., Nicoud-Houel A., Fondard O. et al. Temporal trends in percutaneous mitral commissurotomy over a 15-year period. *Eur. Heart J.* 2004; 25 (8): 701–707. <http://doi.org/10.1016/j.ehj.2004.02.026>
12. Singh A.D., Mian A., Devasenapathy N. et al. Percutaneous mitral commissurotomy versus surgical commissurotomy for rheumatic mitral stenosis: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Heart.* 2020; 106 (14): 1094–1101. <http://doi.org/10.1136/heartjnl-2019-315906>
13. Harb S.C., Griffin B.P. Mitral Valve Disease: a Comprehensive Review. *Curr. Cardiol. Rep.* 2017; 19 (8): 73. <http://doi.org/10.1007/s11886-017-0883-5>
14. Wilkins G.T., Weyman A.E., Abascal V.M. et al. Percutaneous balloon dilatation of the mitral valve: an analysis of echocardiographic variables related to outcome and the mechanism of dilatation. *Br. Heart J.* 1988; 60 (4): 299–308. <http://doi.org/10.1136/hrt.60.4.299>
15. Chmielak Z., Klopotoski M., Kruk M. et al. Repeat percutaneous mitral balloon valvuloplasty for patients with mitral valve restenosis. *Catheter Cardiovasc. Interv.* 2010; 76 (7): 986–992. <http://doi.org/10.1002/ccd.22608>
16. Turi Z.G. The 40th Anniversary of Percutaneous Balloon Valvuloplasty for Mitral Stenosis: Current Status. *Struct. Heart.* 2022; 6 (5): 100087. <http://doi.org/10.1016/j.shj.2022.100087>



17. Livingstone R.S., Chandy S., Peace B.S. et al. Audit of radiation dose during balloon mitral valvuloplasty procedure. *J. Radiol. Prot.* 2006; 26 (4): 397–404. <http://doi.org/10.1088/0952-4746/26/4/004>
18. Meinel F.G., Nance J.W. Jr., Harris B.S. et al. Radiation risks from cardiovascular imaging tests. *Circulation.* 2014; 130 (5): 442–445. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005340>
19. Hussein A., Eid M., Mahmoud S.E.D. et al. The Outcomes of PBMV in Pregnancy, and When is the Best Time? *Vasc. Health. Risk. Manag.* 2023; 19: 13–20. <http://doi.org/10.2147/VHRM.S388754>
20. Sreerama D., Surana M., Moolchandani K. et al. Percutaneous balloon mitral valvotomy during pregnancy: A systematic review and meta-analysis. *Acta Obstet. Gynecol. Scand.* 2021; 100 (4): 666–675. <http://doi.org/10.1111/aogs.14029>
21. Broadhead D.A., Chapple C.L., Faulkner K. et al. The impact of cardiology on the collective effective dose in the North of England. *Br. J. Radiol.* 1997; 70 (833): 492–497. <http://doi.org/10.1259/bjr.70.833.9227231>
22. Vaňo E., González L., Fernández J.M., Guibelalde E. Patient dose values in interventional radiology. *Br. J. Radiol.* 1995; 68 (815): 1215–1220. <http://doi.org/10.1259/0007-1285-68-815-1215>
23. Pan X., Ouyang W., Li S. et al. Safety and efficacy of percutaneous patent ductus arteriosus closure solely under thoracic echocardiography guidance. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi.* 2015; 43 (1): 31–33. PMID: 25876719 (In Chinese)
24. Liu Y., Guo G.L., Wen B. et al. Feasibility and effectiveness of percutaneous balloon mitral valvuloplasty under echocardiographic guidance only. *Echocardiography.* 2018; 35 (10): 1507–1511. <http://doi.org/10.1111/echo.14055>
25. Pan X.B., Ou-Yang W.B., Pang K.J. et al. Percutaneous Closure of Atrial Septal Defects Under Transthoracic Echocardiography Guidance Without Fluoroscopy or Intubation in Children. *J. Interv. Cardiol.* 2015; 28 (4): 390–395. <http://doi.org/10.1111/joic.12214>
26. Wang S.Z., Ou-Yang W.B., Hu S.S. et al. First-in-Human Percutaneous Balloon Pulmonary Valvuloplasty Under Echocardiographic Guidance Only. *Congenit. Heart Dis.* 2016; 11 (6): 716–720. <http://doi.org/10.1111/chd.12380>
27. Rajvanshi S., Nath R.K., Bharadwaj R. Mitral valve assessment and scoring before balloon mitral valvuloplasty. *Heart India.* 2020; 8 (3): 121–126. http://doi.org/10.4103/heartindia.heartindia_22_20
28. Gajjala O.R., Durgaprasad R., Velam V. et al. New integrated approach to percutaneous mitral valvuloplasty combining Wilkins score with commissural calcium score and commissural area ratio. *Echocardiography.* 2017; 34 (9): 1284–1291. <http://doi.org/10.1111/echo.13635>
29. Cannan C.R., Nishimura R.A., Reeder G.S. et al. Echocardiographic assessment of commissural calcium: a simple predictor of outcome after percutaneous mitral balloon valvotomy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1997; 29 (1): 175–180. [http://doi.org/10.1016/s0735-1097\(96\)00422-6](http://doi.org/10.1016/s0735-1097(96)00422-6)
30. Padial L.R., Freitas N., Sagie A. et al. Echocardiography can predict which patients will develop severe mitral regurgitation after percutaneous mitral valvulotomy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1996; 27 (5): 1225–1231. [http://doi.org/10.1016/0735-1097\(95\)00594-3](http://doi.org/10.1016/0735-1097(95)00594-3)
31. Nunes M.C., Tan T.C., Elmariah S. et al. The echo score revisited: Impact of incorporating commissural morphology and leaflet displacement to the prediction of outcome for patients undergoing percutaneous mitral valvuloplasty. *Circulation.* 2014; 129 (8): 886–895. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.001252>
32. Sanati H.R., Kiavar M., Salehi N. et al. Percutaneous mitral valvuloplasty--a new method for balloon sizing based on maximal commissural diameter to improve procedural results. *Am. Heart Hosp. J.* 2010; 8 (1): 29–32. <http://doi.org/10.15420/ahhj.2010.8.1.29>
33. Mohan J.C., Shukla M. Mitral Regurgitation Following Balloon Mitral Valvuloplasty: A New Twist on an Old Problem. *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2020; 13 (12): 2527–2529. <http://doi.org/10.1016/j.jcmg.2020.07.044>
34. Nunes M.C.P., Levine R.A., Brailio R. et al. Mitral Regurgitation After Percutaneous Mitral Valvuloplasty: Insights Into Mechanisms and Impact on Clinical Outcomes. *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2020; 13 (12): 2513–2526. <http://doi.org/10.1016/j.jcmg.2020.07.020>

Для корреспонденции*: Им Вадим Мухасанович – e-mail: dr.vadim.im@gmail.com

Зуфаров Миржамол Мирумарович – доктор мед. наук, профессор, руководитель отделения интервенционной кардиологии, аритмологии и эндоваскулярной хирургии ГУ “Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр хирургии имени академика В. Вахидова”, Ташкент. <https://orcid.org/0000-0003-4822-3193>

Им Вадим Мухасанович – канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения интервенционной кардиологии, аритмологии и эндоваскулярной хирургии ГУ “Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр хирургии имени академика В. Вахидова”, Ташкент. <https://orcid.org/0000-0003-3397-8956>

Хамдамов Санжар Камалович – заведующий отделением ультразвуковой диагностики ГУ “Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр хирургии имени академика В. Вахидова”, Ташкент.

Contact*: Vadim M. Im – e-mail: dr.vadim.im@gmail.com

Mirjamol M. Zufarov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Interventional Cardiology, Arrhythmology and Endovascular Surgery, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Surgery named after academician V. Vakhidov, Tashkent. <https://orcid.org/0000-0003-4822-3193>

Vadim M. Im – Cand. of Sci. (Med.), Senior Research Fellow of the Department of Interventional Cardiology, Arrhythmology and Endovascular Surgery, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Surgery named after academician V. Vakhidov, Tashkent. <https://orcid.org/0000-0003-3397-8956>

Sanzhark K. Khamdamov – Head of the Department of Ultrasound Diagnostics, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Surgery named after academician V. Vakhidov, Tashkent.