

Чреспищеводная эхокардиография при операциях эндоваскулярного протезирования аортального клапана (TAVI)

В.А. Сандриков, д.м.н., профессор, академик РАН, руководитель отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики

С.А. Абугов, д.м.н., профессор, руководитель отдела рентгенохирургии и аритмологии

С.В. Федулова, к.м.н., зав. лабораторией интраоперационной диагностики отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики

А.Н. Дзеранова, научный сотрудник лаборатории интраоперационной диагностики отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики

Т.Ю. Кулагина, д.м.н., зав. лабораторией электрофизиологии и нагрузочных тестов отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики

Е.Ю. Ван, к.м.н., врач ультразвуковой диагностики лаборатории электрофизиологии и нагрузочных тестов отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики

Т.Г. Никитюк, к.м.н., врач ультразвуковой диагностики лаборатории электрофизиологии и нагрузочных тестов отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики

Г.В. Марданян, к.м.н., с.н.с. отделения рентгенохирургических (рентгенэндоваскулярных) методов диагностики и лечения

ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», г. Москва, Россия

Transesophageal echocardiography during endovascular aortic valve replacement (TAVI)

V.A. Sandrikov, S.A. Abugov, S.V. Fedulova, A.N. Dzeranova, T. Yu. Kulagina, E. Yu. Van, T.G. Nikityuk, G.V. Mardanyan
Russian Scientific Center of Surgery named after academician B.V. Petrovsky, Moscow, Russia

Резюме

Цель исследования: оценить эффективность эндоваскулярного протезирования аортального клапана (TAVI) по данным чреспищеводной эхокардиографии. Материалы и методы: проведено 29 операций TAVI у пациентов со стенозом аортального клапана (АК) с постановкой систем Lotus Valve System (Boston Scientific, США) и Core Valve (Medtronic, США). Всем пациентам выполняли ЧПЭхоКГ на аппаратах CX50 (Philips, Нидерланды), ACUSON SC2000 (Siemens, Германия) датчиками X7-2t, Z6Ms, по принятому протоколу. Этапы исследования: 1 — после интубации больного; 2 — при постановке проводника в полость левого желудочка и после баллонной вальвулопластики, при позиционировании и имплантации протеза; 3 — окончание операции. Результаты исследования. У всех пациентов был выявлен выраженный стеноз АК, пиковый и средний градиенты давления на АК составили $90,0 \pm 27,0$ и $51,5 \pm 16,5$ мм рт. ст. соответственно. При ЧПЭхоКГ в 3D режиме и построении модели корня аорты, рассчитаны линейные размеры корня аорты, которые совпадали с данными КТ. У одного пациента диагностировано усугубление степени митрального стеноза до выраженного при постановке системы Core Valve, а также зафиксирован один эпизод выраженного перикардального выпота после постановки проводника в полость левого желудочка. После операции у всех пациентов гемодинамические параметры и функция протезов были в пределах нормы, со средним градиентом давления на протезе АК $5,9 \pm 2,8$ мм рт. ст.. Заключение: ЧПЭхоКГ является базовым методом в оценке состояния клапанных структур сердца, имеет большое значение для своевременной диагностики осложнений при операциях эндоваскулярного протезирования аортального клапана, исследование в 3D и 4D режимах может заменить дорогостоящие исследования. Ключевые слова: чреспищеводная эхокардиография; TAVI; аортальный стеноз.

Summary

Objective: to evaluate the effectiveness of endovascular aortic valve replacement (TAVI) according to transesophageal echocardiography. Materials and methods: 29 TAVI operations were performed in patients with aortic valve stenosis (AV) with Lotus Valve system (Boston Scientific, USA) and CoreValve (Medtronic, USA). All patients underwent intraoperative Chpehokg on devices sh50 (Philips, the Netherlands), ACUSON SC2000 (Siemens, Germany) transesophageal sensors X7-2t, Z6Ms, at the following stages of operation: 1 — after intubation of the patient; 2 — the main stage of operation: when placing the conductor in the cavity of the left ventricle, after balloon valvuloplasty, when positioning and implantation of the prosthesis; 3 — the end of the operation. TEE at the beginning and end of the operation was conducted according to the accepted Protocol. Results: all patients had pronounced AV stenosis, peak and average pressure gradients on AV were 90.0 ± 27.0 and 51.5 ± 16.5 mm Hg, respectively. Intraoperative TEE in 3D mode and creating a model of the aortic root, the calculated linear dimensions of the aortic root, which coincided with the data of CT. One patient was diagnosed with worsening of the degree of mitral stenosis to expressed in the formulation of the Core-Valve system, and also recorded one episode of severe pericardial effusion after placing the conductor in the cavity of the left ventricle. In all patients, hemodynamic parameters and function of prostheses after surgery were within normal limits, with an average pressure gradient on the AK prosthesis was 5.9 ± 2.8 mm Hg. Conclusion: TEE is a basic method in the assessment of valvular structures of the heart, is of great importance for the timely diagnosis of complications during surgery endovascular aortic valve replacement, and research in 3D and 4D modes can replace the expensive research.

Key words: transesophageal echocardiography; TAVI; aortic stenosis.

Список сокращений

АК — аортальный клапан, ВТАЖ — выносной тракт левого желудочка, КДР — конечный диастолический размер, КСР — конечный систолический размер, КТ — компьютерная томография, МК — митральный клапан, СВ — сердечный выброс, СИ — сердечный индекс, УО — ударный объем, ФИ — фракция изгнания левого желудочка, ЧПЭхоКГ — чреспищеводная эхокардиография, TAVI — транскатетерное протезирование аортального клапана.

Введение

Предпосылкой для развития эндоваскулярного протезирования аортального клапана (TAVI) стал неуклонный рост количества больных старше 65–70 лет, нуждающихся в оперативной коррекции приобретенного порока, главным образом, стеноза устья аорты. В многочисленных исследованиях показано, что операция протезирования аортального клапана (АК) среди пациентов старших возрастных групп с выраженной сопутствующей патологией, сопряжена с достаточно высоким уровнем госпитальной летальности, которая, по данным разных авторов, достигает 11–15% [1, 3]. Это обстоятельство было решающим фактором для развития и внедрения в хирургическую практику альтернативных методов коррекции стеноза АК.

Первая операция TAVI у человека проведена в 2002 году профессором А. Cribier (Франция) [3]. В настоящее время в мире проведено более 100000 таких операций. Результаты TAVI у пациентов старше 70 лет показывают лучшие показатели периоперационной летальности и меньшее количество тяжелых осложнений. При этом сокращаются затраты на госпитализацию и дальнейшую реабилитацию таких пациентов [1,2,4]. По современным данным периоперационная летальность у таких пациентов не превышает 6% [5,6]. По регистру Великобритании (United Kingdom Transcatheter Aortic Valve Implantation Registry) в 2009г выживаемость через 30 дней после TAVI составляла 92,9%, через один год — 78,6% и через 2 года — 73,7% [7,8]. В России эндоваскулярное протезирование аортального клапана выполняется с 2009 года и на сегодняшний день в разных клиниках накоплен достаточно большой опыт таких операций.

Следует отметить, что золотым стандартом в диагностике аортального стеноза и всех приобретенных пороков сердца является эхокардиография (рис. 1). Максимальный градиент давления и отверстие АК являются основными параметрами при определении показаний к оперативному вмешательству. Эхокардиография может проводиться как у постели больного, так и в операционной. Наличие в клинике интраоперационного контроля с использованием чреспищеводной эхокардиографии обеспечивает детальную диагностику и оценку функции клапанного аппарата сердца, гемодинамику и, что особенно важно, оценку результатов операции с возможностью выявления ранних послеоперационных осложнений.

В настоящее время в арсенале ультразвуковой диагностики появились приборы премиум класса с возможностью исследований в 3D и 4D режимах с автоматической трассировкой клапанов (рис. 2) и построением модели корня аорты, что значительно сокращает время исследования и дает представление максимально приближенное к данным компьютерной томографии (КТ).

Материалы и методы

В ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б. В. Петровского» за период с 2013 по 2018 г. проведено 29 операций TAVI (19 женщинам, 10 мужчинам). В 19 случаях был импланти-



Рисунок 1. Чреспищеводная эхокардиография. Б — непрерывно-волновая доплерография. Регистрируется значительное увеличение скоростных характеристик кровотока на аортальном клапане. Градиент давления более 80 мм рт.ст.



Рисунок 2. Геометрическое моделирование с анализом диагностических параметров аортального клапана и корня аорты.

рован протез CoreValve (Medtronic, США) и в 10 случаях имплантирован протез системы Lotus Valve System (Boston Scientific, США). Средний возраст пациентов составил 78 ± 6 лет. Всем больным установка клапана выполнялась трансфеморальным доступом в рентгенооперационной в условиях общей анестезии. В одном случае операция была отменена в связи с выявленными вегетациями на АК, которые были диагностированы при интраоперационной ЧПЭхоКГ, что является абсолютным противопоказанием для TAVI. Максимальный и средний градиенты давления (PGr, MGr) на АК составили $90,0 \pm 27,0$ мм рт.ст. и $51,5 \pm 16,5$ мм рт.ст. соответственно. Все пациенты были с хронической сердечной недостаточностью: 6 пациентов отнесены ко II, 17 пациентов — III и 6 больных — IV ФК по классификации Нью-Йоркской ассоциации кардиологов (NYHA).

ЧПЭхоКГ проводили на аппаратах экспертного класса CX50 (Philips, Нидерланды), ACUSON SC2000 (Siemens, Германия) датчиками X7–2t, Z6Ms, на следующих этапах операции: 1- после интубации больного; 2- при постановке проводника в полость левого желудочка,

Таблица 1

Динамика систолической функции левого желудочка и гемодинамических параметров аортального потока

Параметры	До операции (M±SD)	После операции (M±SD)	На момент выписки из стационара (M±SD)
КДО (мл)	100,0 ± 24,0	110,0 ± 11,0	116,0 ± 12,5
КСО (мл)	49,0 ± 8,9	50,0 ± 9,4	52,3 ± 10,5
ФИ (%)	52 ± 3	55 ± 3	56 ± 3
РGr (мм рт.ст.)	90,0 ± 27,0	17,2 ± 3,1*	15,6 ± 6,1
МGr (мм рт.ст.)	51,5 ± 16,5	5,9 ± 2,8*	8,3 ± 3,2
ЧСС (уд в мин.)	67,0 ± 10,3	63,8 ± 8,9	74,4 ± 9,3
АД ср. (мм рт.ст.)	65,4 ± 9,5	57,4 ± 4,9	68,7 ± 8,8

Примечание: * — достоверность $p < 0,05$ между этапами. КДО — конечный диастолический объем левого желудочка; КСО — конечный систолический объем левого желудочка; ЧСС — частота сердечных сокращений; АД — среднее артериальное давление; ФИ — фракция изгнания; РGr — пиковый градиент давления на аортальном клапане; МGr — средний градиент давления на аортальном клапане/

после баллонной вальвулопластики, при позиционировании протеза, после имплантации; 3- после окончания вмешательства.

В начале и конце операции ЧПЭхоКГ проводилась по принятому протоколу, где оценивали линейные размеры сердца: конечный диастолический размер (КДР); конечный систолический размер (КСР); фракцию изгнания левого желудочка (ФИ); толщину межжелудочковой перегородки; корень аорты, а так же гемодинамические параметры на клапанном аппарате: скорость кровотока, максимальный и средний градиенты давления, диаметр, периметр и площадь отверстия аортального клапана, степень регургитации и показатели насосной функции сердца (УО (ударный объем), сердечный выброс (СВ), сердечный индекс (СИ)).

Следует подчеркнуть, что особенно важно определить глубину стояния протеза. Это наиболее актуально при постановке системы Core Valve (Medtronic, США). При наличии удовлетворительной визуализации корня аорты считали обязательным оценить состояние устьев коронарных артерий, их диаметр и кровоток. После отсоединения доставляющего устройства проводились гемодинамические измерения функции протеза, наличие или отсутствие транс- и парапротезной регургитации и градиента давления (рис. 6, табл. 1).

Статистическая обработка данных проведена с использованием принятых стандартных методов при помощи STATISTICA 10,0 (StatSoft, Inc., США). Использовали одномерный анализ и методы описательной статистики для определения характера распределения непрерывных данных, мер центральной тенденции. Все количественные признаки представлены в виде среднего и стандартного отклонения в соответствии с нормальным распределением. Сравнение количественных признаков, распределенных по нормальному закону, проводили с применением t-критерия Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Тяжелый АС с низким потоком/низким градиентом с сохраненной фракцией изгнания в настоящее время относят к группе тяжелого АС с неспецифическим концентрическим ремоделированием ЛЖ. Максимальная аортальная скорость и средний градиент давления являются основными показателями степени тяжести АС. В настоящее время операция TAVI рекомендована для больных, которые относятся к группе повышенного хирургического риска или имеющих противопоказания для выполнения операции с использованием искусствен-



Рисунок 3. Чреспищеводная эхокардиография на основном этапе операции. Сечение АК по длинной оси. А — в ВТАЖ визуализируется гиперэхогенный линейный эхосигнал — проводник (стрелка). Б — в полости левого желудочка визуализируется гиперэхогенный эхосигнал — проводник (стрелка).

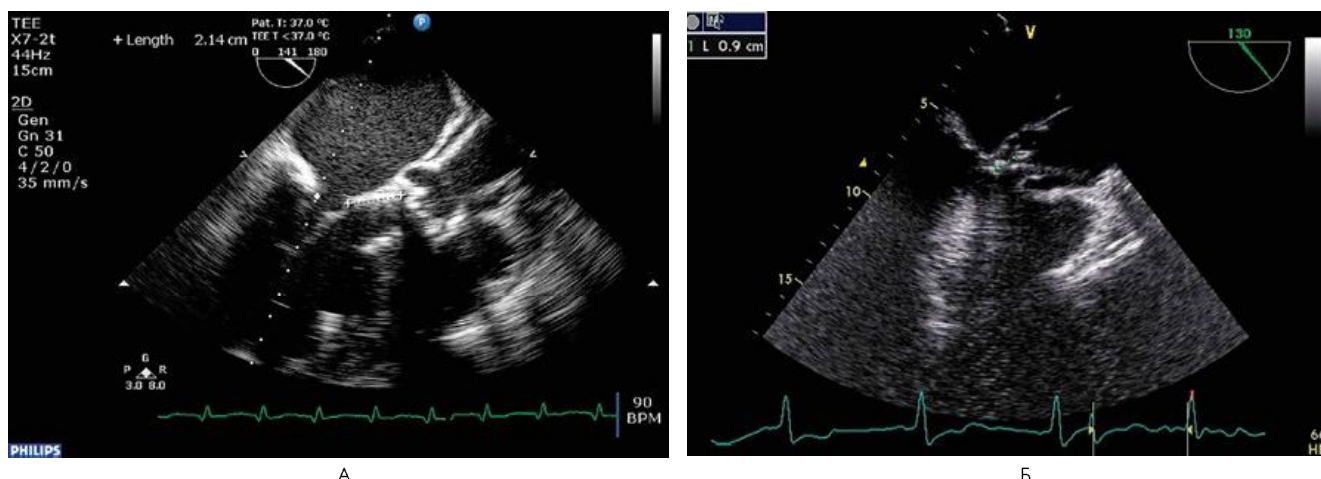


Рисунок 4. Чреспищеводная эхокардиография на момент позиционирования клапана. Оценка глубины стояния протеза в ВТЛЖ. Сечение АК по длинной оси. А — глубокая постановка протеза аортального клапана, с нарушением функции передней створки митрального клапана; Б — допустимая глубина стояния протеза аортального клапана.

ного кровообращения. На основном этапе операции, при постановке проводника в полость левого желудочка (рис. 3), непосредственное внимание уделялось наличию перикардиального выпота и функции митрального клапана (МК). При постановке проводника возможны такие осложнения, как перфорация стенки левого желудочка и отрыв хорд МК.

После баллонной вальвулопластики обязательным считали тщательно анализировать состояние АК и восходящего отдела аорты и наличие перикардиального выпота. Процедура TAVI может сопровождаться осложнениями, среди которых по данным некоторых авторов, гемоперикард стоит на втором месте [9]. На данном этапе, при выполнении аортографии определяется степень дилатации фиброзного кольца и возможный диаметр протеза. При доставке протеза в уровень фиброзного кольца АК, оценивалась глубина стояния протеза в выносном тракте левого желудочка (ВТЛЖ) (рис. 4), что особенно важно при наличии сопутствующего поражения МК. Так, при выраженном кальцинозе задней створки и наличии незначительного или умеренного митрального стеноза существует риск механического

сужения митрального отверстия до выраженного стеноза (рис. 5). Также при наличии в исходе у пациентов пролапса передней створки МК при имплантации протеза возможно увеличение степени митральной регургитации за счет «приподнимания» основания створки.

Большое значение имеет оценка размера кольца, т. к. это может стать причиной достаточно серьезных осложнений. Завышенная оценка размера аортального кольца может привести к его разрыву, а заниженный размер достаточно часто сопровождается аортальной регургитацией вплоть до смещения протеза. В связи с этим, применение ЧПЭхоКГ, в оценке размера кольца является необходимым.

Фракция изгнания у 24 пациентов была в пределах нормы, у 5 пациентов — ниже 45%. У 18 пациентов был выявлен кальциноз фиброзного кольца и створок МК. У 3 из них диагностирован умеренный митральный стеноз с расчетным отверстием МК до 1,5–2,0 см².

При использовании клапана, расширяемого баллоном, мы учитывали движение и укорочение протеза во время его расправления. Укорочение и движение устройства происходит асимметрично, более выражено в нижней

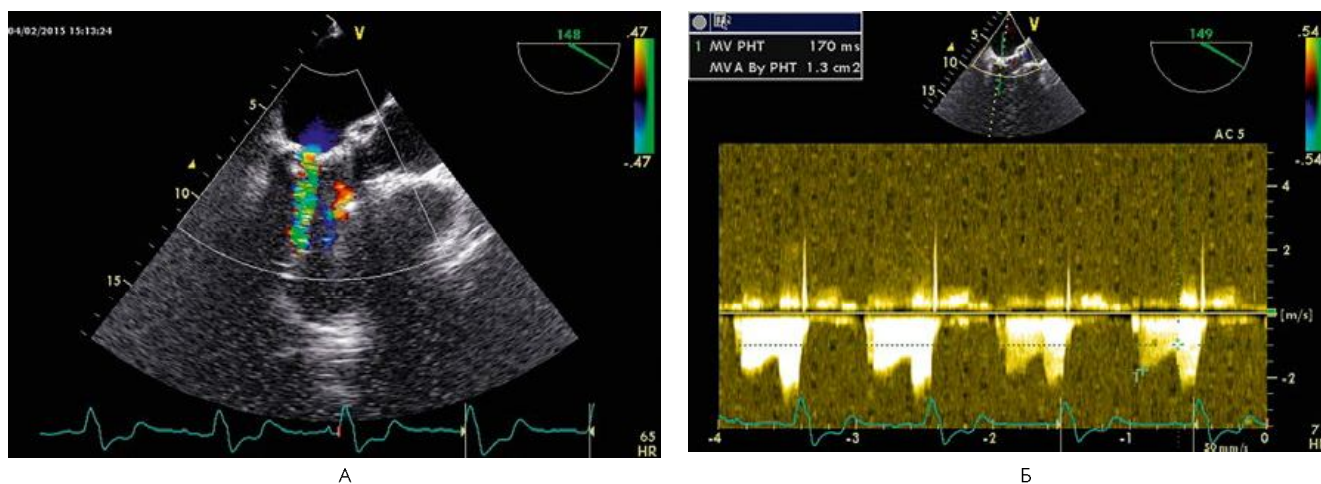
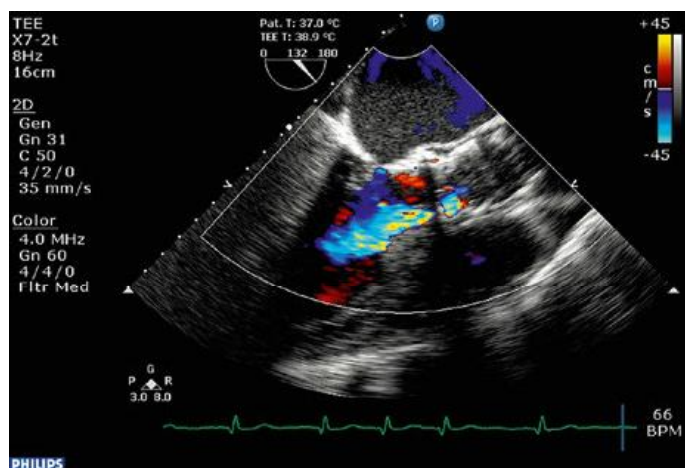
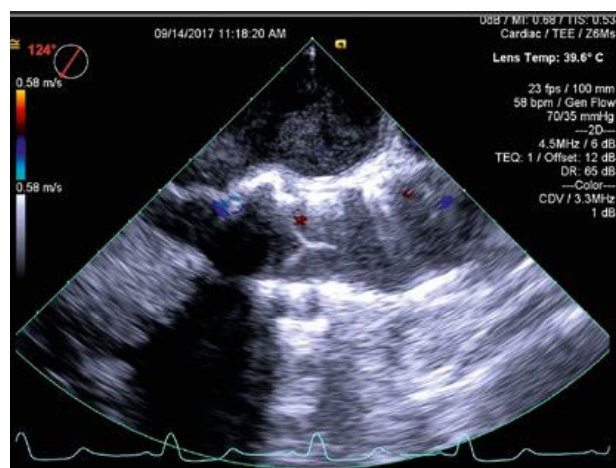


Рисунок 5. Чреспищеводная эхокардиография. Митральный стеноз после имплантации аортального протеза; градиент давления 14 мм рт.ст. А — В режим. При ЦДК определяется высокоскоростной трансмитральный поток. Б — Непрерывно-волновая доплерография потока на митральном клапане.



А



Б

Рисунок 6. Чреспищеводная эхокардиография после имплантации протеза. Режим цветового доплеровского картирования. А — без регургитации. Б — транспротезная регургитация в проекции комиссуры правой коронарной и некоронарной створок.

части устройства, чем у аортального края. Следует иметь в виду, что рентгеноскопически нижняя граница синусов Вальсальвы на 2–3 мм ниже, чем эхокардиографические ориентиры. Верхний край должен полностью прикрывать створки нативного аортального клапана, в тоже время располагаясь ниже синотубулярного соединения. В конце операции пиковый и средний градиенты давления на протезе Core Valve составили $15,1 \pm 6,3$ и $7,9 \pm 3,0$ мм рт.ст., на протезе Lotus Valve System $19,1 \pm 3,9$ и $10,5 \pm 2,2$ мм рт.ст.

У пациента с выраженным кальцинозом задней створки и отверстием МК $1,5 \text{ см}^2$, при постановке системы Core Valve глубина стояния протеза, по данным ЧПЭхоКГ, в ВТЛЖ составила 2 см, что привело к усугублению степени митрального стеноза и операции открытым доступом. Ни у одного пациента не было выявлено увеличения степени митральной недостаточности после постановки систем Core Valve и Lotus Valve System. У одного пациента на этапе проведения проводника в полость ЛЖ при ЧПЭхоКГ был выявлен отрыв хорд задней створки МК и митральная недостаточность 4 степени. Выраженный перикардиальный выпот выявлен у одного пациента на этапе проведения доставляющего устройства, причина которого была расценена как травма стенки левого желудочка при постановке проводника. Следует отметить, что мониторинг наличия перикардиального выпота необходимо проводить постоянно, а не этапно, что обеспечит своевременную и быструю эвакуацию крови из полости перикарда.

Заключение

С помощью ЧЭхоКГ выполняется оценка раскрытия протеза, положение, форма, градиент и движение створок, аортальная регургитация, глобальная и регионарная систолическая функция ЛЖ, функция митрального клапана, что имеет важное значение в оценке результатов лечения и тактике ведения возможных

осложнений. ЧПЭхоКГ является одним из основных методов диагностики оценки результатов протезирования с прогностическими критериями функции протеза в ближайшем и отдаленном послеоперационном периодах.

Список литературы

1. R.S. Akchurin, S.V. Kuzina, M.R. Osmanov, T.E. Imaev Novelty in the surgical correction of critical aortic valve stenoses in high-surgical-risk patients // *Kardiologicheskij Vestnik*. 2010;5:2(7):58–61. Russian (Акчурин Р.С., Кузина С.В., Османов М.Р., Имаев Т.Э. Новое в хирургической коррекции критических стенозов аортального клапана у больных с высоким операционным риском. Кардиологический вестник 2010, 5:2(7): 58–61).
2. Imaev T.E., Komlev A.E., Akchurin R.S. The Prognosis in Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology* 2016;12(6):718–724. Russian (Имаев Т.Э., Комлев А.Е., Акчурин Р.С. Прогноз при транскатетерной имплантации аортального клапана. Рациональная фармакотерапия в кардиологии 2016, 12(6): 718–724).
3. Cribier A., Eltchaninoff H., Bash A., Borenstein N., Tron C., Bauer F., Derumeaux G., Anselme F., Laborde F., Leon M.B. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation*. 2002 Dec 10; 106 (24):3006–3008. DOI: 10.1161/J01.CIR.0000047200.36165.B8
4. Leon MB, Smith CR, Mack M, et al. Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery. *N Engl J Med* 2010;363:1597–1607. DOI: 10.1056/NEJMoa1008232
5. Gehlot A., Mullany C.J., Ilstrup D. et al. Aortic valve replacement in patients aged eighty years and older: early and long-term results. *J Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1996, 111 (5), 1026–1036. doi: 10.1016/S0022-5223(96)70379-3
6. Adams DH, Popma JJ, Reardon MJ, et al. Transcatheter aortic-valve replacement with a self-expanding prosthesis *N Engl J Med* 2014;370(19):1790–1798. doi: 10.1056/NEJMoa1400590
7. Rodés-Cabau J, Dumont E, De LaRochellière R, et al. Feasibility and initial results of percutaneous aortic valve implantation including selection of the transfemoral or transapical approach in patients with severe aortic stenosis. *Am J Cardiol* 2008;102(9):1240–1246. doi: /10.1016/j.amjcard.2008.06.061
8. Bax J.J., Delgado V., Bapat V., et al. Open issues in transcatheter aortic valve implantation. Part 2: procedural issues and outcomes after transcatheter aortic valve implantation. *Eur Heart J* 2014; 35(38): 2639–2654. Doi: 10.1186/s40001-018-0310-4
9. A.A. Margolina, K.A. Gruzdev, M.G. Leipilin, E.A. Tabakyan, T.E. Imaev, R.S. Akchurin. Complications After Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Kardiologiya* 2016; 2: 35–39. Russian (Марголина А.А., Груздев К.А., Лепилин М.Г., Табакьян Е.А., Имаев Т.Э., Акчурин Р.С. Осложнения транскатетерного протезирования аортального клапана. Кардиология 2016, 56(2): 35–39).

Для цитирования. Сандриков В.А., Абугов С.А., Федулова С.В., Дзеранова А.Н., Кулагина Т.Ю., Ван Е.Ю., Никитюк Т.Г., Марданян Г.В. Чреспищеводная эхокардиография при операциях эндоваскулярного протезирования аортального клапана (TAVI) // Медицинский алфавит. Серия «Современная функциональная диагностика». — 2019. — Т. 1. — 8(383). — С. 30–34.

