Фуркало С.Н. ✉, Хасянова И.В., Кондратюк В.А., Ликсунов А.В., Ратушнюк А.В., Гиндич П.А., Мазанович И.А.

Национальный институт хирургии и трансплантологии имени А.А. Шалимова, Киев, Украина

Динамика состояния аневризматического мешка как маркер отдаленных результатов у пациентов после эндопротезирования брюшного отдела аорты

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Фуркало С.Н. – участвовал в определении направления исследований, создании дизайна работы, в осуществлении оперативного лечения, анализа МСКТ в отдаленном периоде наблюдения, а также формировании выводов; Хасянова И.В. – участвовала в операциях и анализе материала, анализе отдаленных результатов, написании раздела «Результаты и обсуждение»; Кондратюк В.А. – принимал непосредственное участие в эндоваскулярном лечении, анализе отдаленных результатов, причин возникновения мурального тромбоза после эндопротезирования; Ликсунов А.В. – принимал участие в операциях хирургической конверсии, обеспечения хирургического доступа, формировании и написании выводов; Ратушнюк А.В. – принимал участие в операциях хирургической конверсии, обеспечении хирургического доступа, оптимизации показаний к повторным вмешательствам после EVAR; Гиндич П.А. – участвовала в операциях, обеспечивала методику полной эндоваскулярной коррекции и написание раздела «Материалы и методы»; Мазанович И.А. – участвовал в технической обработке материала, формировал список литературных источников.

Подана: 09.08.2021

Принята: 31.01.2022

Контакты: furkalosn@gmail.com

Резюме

Цель. Изучение динамики размеров аневризматического мешка после эндопротезирования брюшного отдела аорты и оценка ее влияния на последующее клиническое течение и необходимость повторных эндоваскулярных/хирургических вмешательств.

Материалы и методы. В исследование включены 140 последовательных пациентов с аневризмой абдоминального отдела аорты (AAA), которым выполнено эндопротезирование аорты (EVAR). Субанализ проведен у 74 пациентов после EVAR, у которых были доступны результаты долгосрочного наблюдения с применением серии МСКТ в течение 5 лет. I группу составили пациенты, у которых диаметр аневризматического мешка сократился на $>10\%$ от исходного дооперационного показателя ($n=36$) в течение 6 месяцев после EVAR. Во II группу вошли пациенты, у которых не фиксировалось послеоперационное уменьшение размеров мешка или степень его уменьшения была $<10\%$ от исходного ($n=38$).

Пациентам в период 3–6 месяцев, 2, 3, 5 лет выполнены серии МСКТ, и далее наблюдение проводилось индивидуально.

Результаты. Отмечено, что в I группе наблюдения размер мешка при повторной МСКТ уже через 6 месяцев был $4,6 \pm 0,64$ см ($-0,92$ см ($-16,7\%$)), тогда как во II группе изменение размера аневризматического мешка в этот период составило $+0,04$ см. Такая динамика в группах сохранялась, и уже ко 2–3-му послеоперационному году размер мешка в I группе составил $4,2 \pm 0,83$ см ($-1,32$ см (-24%)). К 5-му году наблюдения размер аневризматического мешка в I группе составил $3,92 \pm 0,76$ см ($-1,6$ см (-29%)).

В отдаленном периоде наблюдения не отмечено связанных с аневризмой негативных событий. Аналогичные показатели во II группе составили $5,6 \pm 0,62$ и $5,67 \pm 0,58$ см через 2–3 года и 5 лет наблюдения (-1% и 0%) соответственно. Необходимость в повторных вмешательствах в зоне имплантированного стента составила $13,2\%$.

Выводы. После эндопротезирования БЧА отмечается динамика размеров аневризматического мешка с уменьшением его размера в первые 5 лет, с последующей тенденцией к росту мешка в период 6–10 лет. На основании данных литературы и результатов собственных исследований очевидно, что степень и скорость сокращения аневризматического мешка после EVAR может служить маркером долгосрочных результатов эндопротезирования.

Ключевые слова: аневризма брюшного отдела аорты, эндопротезирование (EVAR), аневризматический мешок, повторные вмешательства

Furkalo S. ✉, Khasyanova I., Kondratyuk V., Likunov A., Ratushnyuk A., Gindich P., Mazanovich I.

National Institute of Surgery and Transplantology named after A.A. Shalimov, Kyiv, Ukraine

Aneurysmal Sac Dynamics as a Marker of Long-Term Results in Patients after EVAR

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Furkalo S. – participated in determining the direction of research, creating a work design, in the implementation of surgical treatment, analysis of MSCT in the long-term follow-up period, as well as the formation of conclusions. Khasyanova I. – directly participated in operations and analysis of material, analysis of long-term results, writing the subsection "Results and discussion". Kondratyuk V. – was directly involved in endovascular treatment, analysis of long-term results, causes of mural thrombosis after EVAR. Likunov A. – took part in operations of surgical conversion, provision of surgical access, formation and writing of conclusions. Ratushnyuk A. – took part in operations of surgical conversion, provision of surgical access, optimization of indications for repeated interventions after EVAR. Gindich P. – directly participated in operations, provided the method of PEVAR and writing the sections "Materials and methods". Mazanovich I. – participated in the technical processing of the material, formed a list of literature sources.

Submitted: 09.08.2021

Accepted: 31.01.2022

Contacts: furkalosn@gmail.com

Abstract

Purpose. To study the dynamics of the size of the aneurysmal sac after EVAR and to assess its impact on the subsequent clinical course and the need for repeated endovascular/surgical interventions.

Materials and methods. The study included 140 consecutive AAA patients who underwent EVAR. Subanalysis was performed in 74 patients after EVAR, where the results of long-term follow-up were available using a series of MSCT for 5 years. The main (group I) consisted of patients where the diameter of the aneurysmal sac decreased by $>10\%$ from the initial preoperative within 6 months after EVAR ($n=36$). The second group of patients included patients where there was no postoperative decrease in the size of the sac or the degree of its decrease was $<10\%$ of the initial ($n=38$). The complex of preoperative studies included general clinical methods, as well as special studies – MSCT, ultrasound, in some cases, angiography and coronary angiography. After the operation, all patients underwent

a series of MSCT in the period of 3–6 months, 2, 3, 5 years, and then the observation was carried out individually.

Results. Tracing the state of the aneurysmal sac in the analyzed groups separately, we noted that in the I st observation group the size of the sac after 6 months was 4.6 ± 0.64 cm (-0.92 cm (-16.7%)), then, as in group II, the change in the size of the aneurysmal sac during this period was ($+0.04$ cm). The noted dynamics in the groups remained and already by 2–3 postoperative year the size of the sac in group I was 4.2 ± 0.83 cm (-1.32 cm (-24%)). By the 5th year of observation, the size of the aneurysmal sac in group I was 3.92 ± 0.76 cm (-1.6 cm (-29%)). No negative events associated with aneurysm. Similar indicators in group II were 5.6 ± 0.62 and 5.67 ± 0.58 cm after 2–3 years and 5 years of follow-up (-1% and 0%), respectively. The interventions in the area of the implanted stent accounted for 13.2%.

Conclusions. After EVAR, the dynamics of the size of the aneurysmal sac after EVAR is noted with a decrease in its size in the first 5 years, followed by a tendency to the growth of the sac in the period of 6–10 years. Based on the literature data and the results of our own studies, it is obvious that the degree of shrinkage of the aneurysmal sac in the EVAR patients can serve as a marker of long-term results and rate of repeated interventions.

Keywords: aneurysm of the abdominal aorta (AAA), EVAR, aneurysmal sac, repeated interventions

■ ВВЕДЕНИЕ

Эндоваскулярное лечение аневризм брюшного отдела аорты (EVAR) в последние годы все чаще использовалось как основной метод лечения для пациентов с выше-названной патологией, обеспечивающий меньшую операционную летальность и быстрый период реабилитации. Особенно эти преимущества заметны у пациентов старших возрастных групп и с сопутствующей коморбидностью [1].

В то же время в соответствии с данными последних исследований EVAR связано со значительно большей частотой осложнений в отдаленном периоде наблюдения в сравнении с традиционной хирургической коррекцией [3–5]. Еще одной особенностью послеоперационного ведения пациентов, перенесших эндопротезирование аорты, является необходимость в постоянной визуализации состояния аневризматического мешка, «золотым стандартом» для такого наблюдения является спиральная компьютерная томография (МСКТ) [6]. Наблюдение считается обязательным для выявления и лечения этих изменений до того, как они приведут к опасным для жизни осложнениям, таким как разрыв аневризматического мешка или тромбоз эндопротеза. В настоящее время нет единого мнения о необходимой частоте наблюдений после EVAR, тогда как МСКТ является дорогостоящим исследованием, связанным, кроме того, с потенциальными рисками от излучения и введения контрастного вещества, что часто приводит к снижению интенсивности наблюдения за этим пациентами. Во многих странах, особенно там, где выполнено большое количество EVAR, необходимость такого наблюдения формирует заметную нагрузку на систему здравоохранения и эта нагрузка быстро увеличивается. Кроме того, базируясь на данных литературных источников, а также на собственных наблюдениях, нужно отметить, что в период 5–6 лет после эндопротезирования аорты продолжают регулярно

наблюдаться не более 25% пациентов, перенесших EVAR. Однако только постоянное наблюдение и своевременное выявление минимальных осложнений и динамики состояния аневризматического мешка, а при необходимости повторные вмешательства могут позволить сохранить долгосрочный результат операции [7, 8]. Наблюдаемая в последние годы тенденция уменьшения количества МСКТ в пользу более безопасного УЗИ с учетом негативных результатов исследований EVAR-1 и EVAR-2 поддается ревизии в сторону более информативного компьютерного исследования.

Некоторыми авторами показатель динамики размеров аневризматического мешка предложен как один из маркеров успешности EVAR [9–14], и логично предположить, что пациенты, показывающие позитивную динамику, находятся в группе меньшего риска негативных событий и, как следствие, могут не требовать столь интенсивного наблюдения. В некоторых публикациях раннее сокращение размеров мешка было определено как уменьшение диаметра >5 мм в течение 1 года после EVAR по сравнению с тем, что наблюдалось в предоперационном периоде по данным МСКТ [15, 16].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение динамики размеров аневризматического мешка после эндопротезирования брюшного отдела аорты и оценка ее влияния на последующее клиническое течение и необходимость повторных эндоваскулярных/хирургических вмешательств.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализирована группа из 140 последовательных пациентов с аневризмой брюшного отдела аорты, которым с 2006 по 2016 г. было выполнено эндоваскулярное эндопротезирование аорты в НИХТ им. Шалимова А.А. Пациентам были имплантированы бифуркационные эндопротезы Excluder компании Gore, Endurant, Endurant II компании Medtronic, Relay компании Bolton.

Все вмешательства носили плановый характер. В качестве показателя, определявшего необходимость вмешательства, рассматривали максимальный диаметр аневризмы, быстрый рост аневризматического мешка (более 10% диаметра аневризмы по данным МСКТ в год), выраженную клиническую симптоматику, даже если размер аневризматического мешка не достигал 5,5 см. Размер аневризматического мешка у наблюдаемых пациентов в общей группе составил от 5,0 до 8,0 см (в среднем $5,62 \pm 0,75$ см).

Субанализ проведен у 74 пациентов после EVAR, у которых были доступны результаты долгосрочного наблюдения с применением серии МСКТ в течение 5 лет.

Методы исследования пациентов

Протокол клинического обследования включал в себя различные методы визуализации аорты и ее ветвей. Всем пациентам проводились также обследования, направленные на выявление и оценку характера и степени тяжести сопутствующей патологии, а также объективной оценки общего состояния пациентов.

Комплекс предоперационного исследования включал общеклинические методики (клинический и биохимический анализы крови, ЭКГ, ультразвуковое исследование сердца, ультразвуковое исследование сосудов нижних конечностей и аорты). При необходимости пациентам осуществлялась коронарография перед операцией

или во время нее. Планирование операции эндопротезирования базировалось на методике спиральной компьютерной томографии – МСКТ с контрастным усилением. В ближайший послеоперационный период для контроля результата вмешательства, а также состояния висцеральных и подвздошных артерий отдавали предпочтение методике ультразвукового дуплексного сканирования и в спорных случаях возвращались к методике МСКТ. Для ультразвукового исследования брюшной аорты использовали ультразвуковой сканер En Vision (Philips, Голландия). МСКТ осуществляли в отделении лучевой диагностики Национального института хирургии и трансплантологии имени А.А. Шалимова НАМН Украины на спиральном томографе GE Light Speed-16.

Спиральная компьютерная томография с контрастированием применялась как высокоинформативный метод диагностики, который позволял детализировать состояние стенок аорты, ее ветвей и парааортальных структур, а также структурную патологию органов брюшной полости. Реконструкция изображений с перекрывающимися срезами позволяла получать трехмерные изображения несравненно более высокого качества.

Всем пациентам перед выполнением эндопротезирования проводили МСКТ с контрастированием. Исследования проводились в отделении лучевой диагностики НИХТ им А.А. Шалимова на спиральном томографе GE Light Speed-16.

Неконтрастная КТ выполнялась от уровня диафрагмы до проксимальной части бедренной кости срезами не более 3 мм и реконструировалась с интервалами не менее 2,5 мм в режиме «мягких тканей». Затем проводилась съемка с введением контраста с теми же параметрами.

Последним этапом исследования являлось трехмерное моделирование пораженного участка аорты с целью определения его формы и протяженности.

Собранный клинический материал был достаточен для статистической обработки, которая проводилась с использованием методов вариационной статистики. Оценка достоверности различий определялась по критериям t Стьюдента и Хи-квадрат Пирсона в зависимости от типа исследуемых данных. Статистический анализ проводили с применением стандартных методов математической статистики и вариационного анализа.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика изменения размера мешка оценивалась по определению средней величины, полученной при измерении продольного, поперечного и максимального диаметров в наиболее широкой его части.

В целом у 140 наблюдаемых пациентов за период наблюдения 5–7 лет отмечается тенденция к уменьшению размеров аневризматического мешка в ближайшие 1–3–5 лет после EVAR (–14,5%, –20,1%, –21,7% соответственно) с определенной тенденцией к его увеличению после этого периода (рис. 1).

Детальный анализ динамики состояния мешка свидетельствовал, что уменьшение размеров фиксировалось у большинства пациентов после эндопротезирования – у 81% пациентов наблюдалось уменьшение размеров мешка в период 6 мес. – 2 года, в период 3–4 лет показатель составил 78% и при наблюдении более 5–7 лет этот показатель составил 64,9%. Соответственно, увеличилось количество пациентов с зафиксированным по данным МСКТ ростом мешка. При анализе причин увеличения

Рис. 1. Динамика размеров аневризматического мешка после EVAR в общей группе (n=140)
Fig. 1. Dynamics of the aneurysmal sac size after EVAR in the general group (n=140)

аневризматического мешка не было выявлено прямой зависимости от исходного размера, наличия дополнительных модулей эндопротеза, возраста или наличия гипертонической болезни. При подсчете оценочного отношения шансов по Haldane двумя основными факторами, влияющими на рост аневризматического мешка, были наличие эндопротеканий (ОШ 1,15 (95% ДИ: 1,001–2,586), $p=0,038$) и женский пол (ОШ 1,45 (95% ДИ 1,22–1,73), $p=0,001$).

Описанным и интересным в аспекте клинических последствий является возникновение/визуализация мурального тромбоза эндопротеза, который зафиксирован у 15% наблюдаемых пациентов с преимущественной локализацией в теле эндопротеза и в большинстве случаев возникает уже в первые 6 месяцев после вмешательства. У наблюдаемых нами пациентов муральный пристеночный тромб не выполнял >30% диаметра просвета эндопротеза и не имел никаких клинических последствий (рис. 2).

Рис. 2. Пациент Б. после эндопротезирования брюшного отдела аорты. МСКТ в зоне проксимальной фиксации: а) 4-е сутки после EVAR; б) 6 месяцев после EVAR. Муральный тромбоз проксимальной части эндопротеза (30% диаметра); в) 4 года после EVAR
Fig. 2. Patient B after EVAR. MSCT in the proximal fixation area: а) 4 days after EVAR; б) 6 months after EVAR. Mural thrombosis of the proximal endoprosthesis (30% of the diameter); в) 4 years after EVAR

Причины возникновения такого состояния у наблюдаемых пациентов не очевидны и требуют более детального анализа.

Отдельно проводился анализ в подгруппе из 74 пациентов. Критериями включения в настоящее наблюдение были пациенты с AAA после перенесенного EVAR, которым через 6 месяцев и в течение 5 послеоперационных лет регулярно выполнялась серия МСКТ-исследований с фиксацией размеров аневризматического мешка.

Все пациенты, включенные в исследование, были разделены на 2 группы в зависимости от результатов МСКТ через 6 месяцев после EVAR. Первую, основную группу составили пациенты, у которых диаметр аневризматического мешка сократился более чем на 10% от исходного дооперационного показателя (n=36) в течение 6 месяцев после EVAR.

Во вторую группу вошли пациенты, у которых не фиксировалось послеоперационное уменьшение размеров мешка или степень его уменьшения была <10% от исходного (n=38).

Прослеживая динамику состояния аневризматического мешка в анализируемых группах отдельно, мы отметили, что в I группе наблюдения размер мешка при повторной МСК уже через 6 месяцев был 4,6±0,64 см (-0,92 см (-16,7%)), тогда как во II группе изменение размера аневризматического мешка в этот период составило +0,04 см. Отмеченная динамика в группах сохранялась, и уже ко 2–3-му послеоперационному году размер мешка в I группе составил 4,2±0,83 см (-1,32 см (-24%)). К 5-му году наблюдения размер аневризматического мешка в I группе составил 3,92±0,76 см (-1,6 см (-29%)). Аналогичные показатели во II группе составили 5,6±0,62 и 5,67±0,58 см через 2–3 года и 5 лет наблюдения (-1% и 0%) соответственно (рис. 3).

При анализе частоты осложнений в I и II группах и необходимости повторных вмешательств отмечено, что в первой группе нами не было зафиксировано событий (0%), связанных с аневризмой брюшного отдела аорты (рис. 4).

Во II группе в различные периоды наблюдения после EVAR отмечены 5 случаев (13,2%), требовавших повторных вмешательств в зоне ранее имплантированного

Клинико-функциональные характеристики пациентов I и II групп Clinical and functional characteristics of patients in groups I and II

Показатель	I группа (n=36)	II группа (n=38)	P
Пол, м/ж	34/2	35/3	Ns
Возраст (лет)	66,3±5,6	63,6±6,3	Ns
Вес (кг)	82,8±13,8	91,6±9,2	0,0025
Артериальная гипертензия	66%	68,7%	Ns
ИБС	40%	62,5%	Ns
Креатинин (мкм/л)	94,6±21,6	99,4±32,1	Ns
Hb (г/л)	137,7±19,0	138,4±19,4	Ns
Сахарный диабет	0	10,5%	Ns
AAA компоненты 2/≥2	80%/20%	69,2%/30,7%	Ns
Предшествующие операции реваскуляризации миокарда	20%	31%	Ns
Диаметр аневризматического мешка (см)	5,52	5,66	Ns

Примечание: по основным показателям группы достоверно не отличались.

Рис. 3. Динамика аневризматического мешка в исследуемых группах
Fig. 3. Dynamics of the aneurysmal sac size in the study groups

эндопротеза. Причем в двух случаях ввиду существенного роста аневризматического мешка были выполнены конверсии с применением методик традиционной хирургической коррекции через 10 и 11 лет после эндопротезирования.

В трех других случаях выполнены повторные эндоваскулярные вмешательства – через 1 год, фиксировалась дислокация удлинителя ножки эндопротеза с последующей имплантацией дополнительного стент-графта в позицию дислокации. Еще одно вмешательство проведено с имплантацией проксимальной надстройки эндопротеза у женщины через 2,5 года после первичного вмешательства ввиду появления эндотелика I типа и роста аневризмы.

Рис. 4. Отсутствие необходимости в повторных вмешательствах (метод Каплана – Мейера)
Fig. 4. Absence of repeated interventions (Kaplan – Meier method)

Через 4 года после первичной операции эмболизации коллатерали из внутренней подвздошной артерии (ВПА) в аневризматический мешок и в силу неэффективности процедуры были выполнены имплантация удлинителя ножки протеза и накрытие ВПА графтом.

■ ВЫВОДЫ

1. После эндопротезирования аорты отмечается динамика аневризматического мешка с уменьшением его размера в первые 5 лет с последующей тенденцией к росту мешка в период 6–10 лет.
2. На основании данных литературы и результатов собственных исследований очевидно, что степень и скорость сокращения аневризматического мешка после EVAR может служить маркером долгосрочных результатов эндопротезирования.
3. Долгосрочный эффект операции EVAR определяет уменьшение размера аневризматического мешка >10% от исходного диаметра, причем если заметного уменьшения не произошло в период 6–12 месяцев, то в последующем уменьшения мешка не наблюдается.
4. Отсутствие позитивной динамики уменьшения размеров мешка в перспективе связано с ростом размеров мешка и, как следствие, необходимостью повторных эндоваскулярных, а в ряде случаев и хирургических вмешательств.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Stather P.W., Sidloff D., Dattani N. (2013) Systematic review and meta-analysis of the early and late outcomes of open and endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *Br J Surg*, 100, pp. 863–72. doi: 10.1002/bjs.9101
2. Wanhainen A., Verzini F., Van Herzele I. (2019) Editor's choice – European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2019 clinical practice guidelines on the management of abdominal aorto-iliac artery aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg.*, 57, pp. 8–93. doi: 10.1016/j.ejvs.2018.09.020
3. Patel R., Sweeting M.J., Powell J.T., Greenhalgh R.M. (2016) EVAR trial investigators. Endovascular versus open repair of abdominal aortic aneurysm in 15-years' follow-up of the UK endovascular aneurysm repair trial 1 (EVAR trial 1): a randomised controlled trial. *Lancet*, 388, pp. 2366–74.
4. Seyed Ameli-Renani, Vyzantios Pavlidis, Robert A. Morgan (2020) Secondary Endoleak Management Following TEVAR and EVAR. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 43, pp. 1839–1854. doi: 10.1007/s00270-020-02572-9
5. Bonardelli S., Nodari F., de Lucia M. (2018) Late open conversion after endovascular repair of abdominal aneurysm failure: Better and easier option than complex endovascular treatment. *JRSM Cardiovascular Disease*, vol. 7, pp. 1–6. doi: 10.1177/2048004017752835
6. Min Hyun Kim, Hyung Sub Park, Sanghyun Ahn (2016) Chronological Change of the Sac after Endovascular Aneurysm Repair. *Vasc Specialist Int*, 32 (4), pp. 150–159. doi: 10.5758/vsi.2016.32.4.150
7. Powell J.T., Sweeting M.J., Ulug P. (2017) Meta-analysis of individual-patient data from EVAR-1, DREAM, OVER and ACE trials comparing outcomes of endovascular or open repair for abdominal aortic aneurysm over 5 years. *Br J Surg*, 104, pp. 166–178. doi: 10.1002/bjs.10430
8. Furkalo S., Khasyanova I., Vlasenko E. (2020) Predicting changes in an aneurysm sac after endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *Zeitschrift für Gefäßmedizin*, 17 (1), pp. 8–13.
9. Fujimura N., Obara H., Matsubara K., Sekimoto Y., Harada H., Inoue M. (2016) Comparison of early sac shrinkage with third – generation stent grafts for endovascular aneurysm repair. *J Vasc Interv Radiol*, 27, 1604–12.e2.
10. Bastos Goncalves F., Baderkhan H., Verhagen H.J.M. (2014) *Early sac shrinkage predicts a low risk of late complications after endovascular aortic aneurysm repair*. Published online in Wiley Online Library (www.bjs.co.uk). doi: 10.1002/bjs.9516.
11. Ellozy S.H., Carroccio A., Lookstein R.A. (2006) Abdominal aortic aneurysm sac shrinkage after endovascular aneurysm repair: correlation with chronic sac pressure measurement. *J Vasc Surg*, 43 (1), pp. 2–7. doi: 10.1016/j.jvs.2005.09.039.
12. Georgakarakos E., Georgiadis G.S., Ioannou C.V., Kapoulas K.C., Trellopoulos G., Lazarides M. (2012) Aneurysm sac shrinkage after endovascular treatment of the aorta: beyond sac pressure and endoleaks. *Vasc Med*, 17 (3), pp. 168–73. doi: 10.1177/1358863X11431293.
13. Lalys F., Daoudal A., Gindre J. (2017) Influencing factors of sac shrinkage after endovascular aneurysm repair. *Vasc Surg*, 65, pp. 1830–8. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2016.12.131>
14. Jetty P., Huserau D., Kansal V. (2019) Variability in aneurysm sac regression after endovascular aneurysm repair based on a comprehensive registry of patients in Eastern Ontario. *J Vasc Surg.*, 70, pp. 1469–1478. doi: 10.1016/j.jvs.2019.01.091
15. Okada M., Handa N., Onohara T. (2016) Late sac behavior after endovascular aneurysm repair for abdominal aortic aneurysm. *Ann Vasc Dis*, 9, pp. 102–107. doi: 10.3400/avd.15-00125
16. Naoki Fujimura, Kentaro Matsubara, Mitsuyoshi Takahara (2018) Early sac shrinkage is a good surrogate marker of durable success after endovascular aneurysm repair in Japanese patients. *J Vasc Surg*, 67, pp. 1410–8. doi: 10.1016/j.jvs.2017.08.076