



© П.Е. Короткевич¹, С.Н. Пивоварчик¹, О.В. Гуленко¹, Э.Х. Саридзе¹,
В.В. Шумовец², И.Е. Андролойт²

Клинический случай хирургического лечения функционирующей параганглиомы левого предсердия

¹Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова», г. Минск, Беларусь

²Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр «Кардиология»», г. Минск, Беларусь

© Pavel E. Korotkevich¹, Sergey N. Pivovarchik¹, Oleg V. Gulenko¹, Eldar H. Sarydze¹,
Vadim V. Shumavets², Igor E. Andraloits²

Case Report of Surgical Treatment of an Active Left Atrial Paraganglioma

¹N.N. Alexandrov National Cancer Centre of Belarus, Minsk, Belarus

²Scientific and Practical Centre «Cardiology», Minsk, Belarus

Введение. Параганглиома — опухоль из клеток параганглиев, производных нервного гребня. В грудной полости возникает вдоль превертебральных и паравертебральных цепочек симпатических ганглиев и симпатических волокон. Параганглиомы сердца встречаются крайне редко.

Описание случая. В статье представлен случай хирургического лечения функционирующей параганглиомы левого предсердия с использованием комбинированного доступа: левосторонняя видеоассистированная торакоскопия и правосторонняя торакотомия с резекцией и пластикой левого предсердия в условиях искусственного кровообращения.

Заключение. Левосторонняя видеоторакоскопия с мобилизацией опухоли в сочетании с правосторонней торакотомией для удаления опухоли левого предсердия с его пластикой на наш взгляд позволяет безопасно выделить опухоль. Подключение аппарата искусственного кровообращения из правосторонней торакотомии производится без технических сложностей.

Ключевые слова: параганглиома; видеоассистированная торакоскопия; искусственное кровообращение; пластика левого предсердия

Для цитирования: Короткевич П.Е., Пивоварчик С.Н., Гуленко О.В., Саридзе Э.Х., Шумовец В.В., Андролойт И.Е. Клинический случай хирургического лечения функционирующей параганглиомы левого предсердия. *Вопросы онкологии.* 2025; 71 (1): 192-198.-DOI: 10.37469/0507-3758-2025-71-1-OF-2019

Introduction. Paragangliomas are rare neuroendocrine tumors that arise from extra-adrenal parasympathetic or sympathetic ganglia neural crest cells. Cardiac paragangliomas are exceedingly rare tumors.

Case description. A case report of surgical treatment of an active left atrial paraganglioma is described. A combined approach was used. Left-sided VATS with tumour mobilization combined with right-sided thoracotomy with cardiopulmonary bypass was performed.

Conclusion. Left-sided VATS with tumor mobilization combined with right-sided thoracotomy for removal of the left atrial tumor with its plastic surgery allows, in our opinion, safe isolation of the tumor. Connecting a heart-lung machine from a right-sided thoracotomy is technically straightforward.

Keywords: left atrial paraganglioma; VATS; cardiopulmonary bypass; reconstruction of the left atrium

For Citation: Pavel E. Korotkevich, Sergey N. Pivovarchik, Oleg V. Gulenko, Eldar H. Sarydze, Vadim V. Shumavets, Igor E. Andraloits. Case report of surgical treatment of an active left atrial paraganglioma. *Voprosy Onkologii = Problems in Oncology.* 2025; 71 (1): 192-198. (In Rus).-DOI: 10.37469/0507-3758-2025-71-1-OF-2019

✉ Контакты: Короткевич Павел Евгеньевич, pavelkorotkevich@mail.ru

Введение

Параганглиома — опухоль из клеток параганглиев, производных нервного гребня. Может развиваться в любом возрасте, пик заболеваемости — с 4 по 6 декаду жизни. Немного чаще встречается у женщин. Параганглиомы характеризуются медленным ростом. В 10 % случаев имеется мультифокальное поражение. Параганглиомы способны синтезировать катехолами-

ны: эпинефрин, норэпинефрин, допамин, что обуславливает клинические проявления. Около 40 % параганглиом нефункционирующие.

В соответствии с последней международной гистологической классификацией ВОЗ опухолей грудной полости (5-е издание, 2021 г.), параганглиома относится к злокачественным новообразованиям. Нет гистологических критериев, являющихся предикторами поведения опухоли. Наличие SDHB мутации ассоциировано с вы-

соким риском метастазирования и худшими показателями выживаемости. Метастазы развиваются в костях, печени, лёгких [1].

Наиболее часто параганглиомы развиваются в брюшной полости и забрюшинном пространстве (80–95 %), реже на шее (4 %) и в грудной полости (2 %) [2, 3]. Параганглиомы сердца встречаются крайне редко. В литературе представлены лишь единичные случаи хирургического лечения параганглиом сердца [4, 5].

Описание случая

Пациентка Л., 33 года, поступила в онкологическое (торакальное) отделение УЗ «Республиканский-научно практический центр онкологии и медицинской радиологии имени Н.Н. Александрова» (далее — РНПЦ ОМР) с жалобами

на повышение артериального давления (САД до 220 мм рт. ст.), давящие боли за грудиной без четкой связи с нагрузкой, ночную периодическую потливость. Из анамнеза заболевания известно, что вышеуказанные жалобы беспокоили в течение 6 мес. Специфическую гипотензивную терапию амбулаторно не принимала. В плане обследования пациентке выполнено УЗИ сердца, по результатам которого в проекции левого предсердия определялось образование с четкими контурами, размером 84 × 49 мм, сдавливающее левое предсердие, легочные вены. Была заподозрена опухоль висцерального отдела средостения (Лимфома? Бронхогенная/энтерогенная киста?). По результатам компьютерной ангиотомографии органов грудной клетки (КТА ОГК), в заднем отделе средостения определялась опухоль с четкими ровными контурами, с накоплением

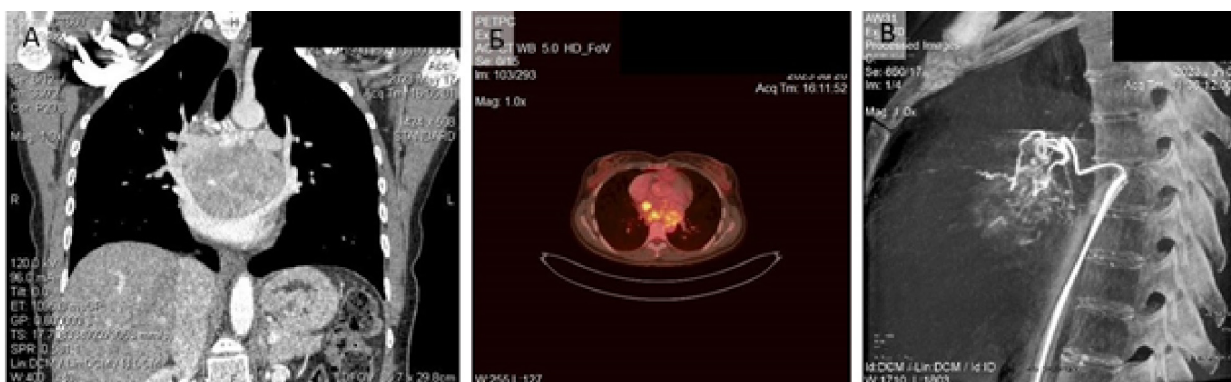


Рис. 1. Результаты рентгенологических методов исследования: А — КТА-ОГК; Б — ФДГ ПЭТ-КТ; В — Селективная ангиография
 Fig. 1. Results of radiological evaluation: A — chest CTA; Б — FDG-PET-CT; В — selective angiography

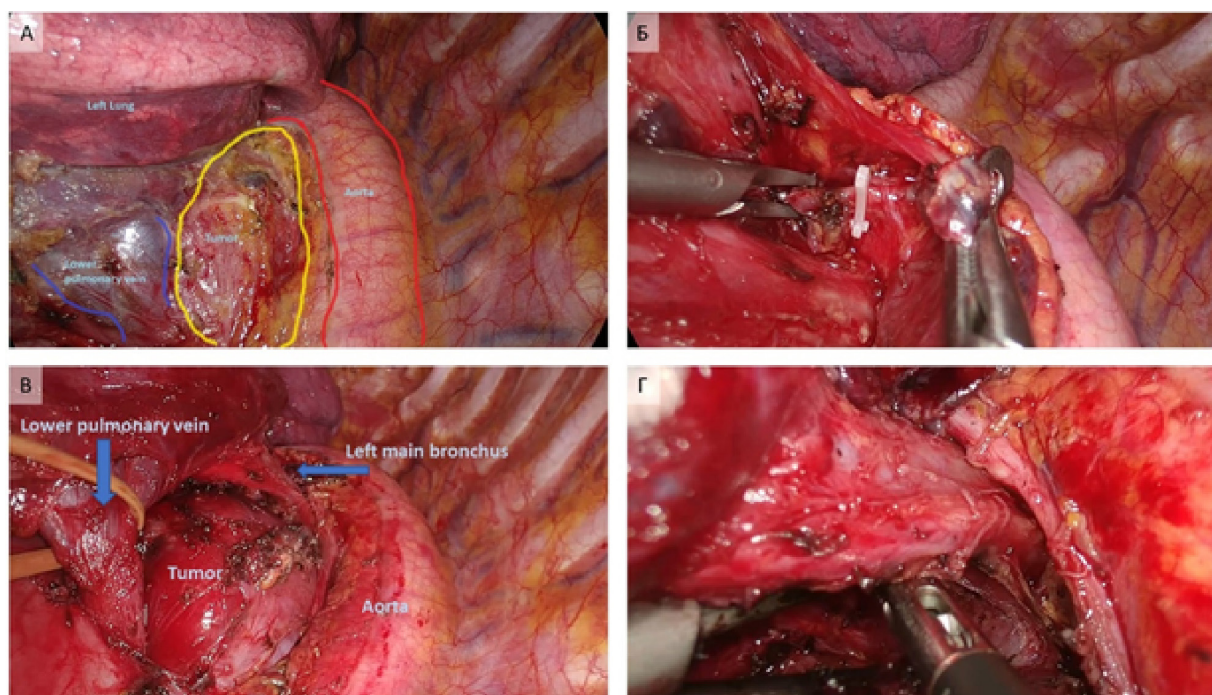


Рис. 2. Этапы 1-го этапа хирургического лечения (ВАТС слева): А — вид опухоли; Б — клипирование левой бронхиальной артерии; В — мобилизация левых легочных вен; Г — мобилизация левого главного бронха
 Fig. 2. Stages of the 1st stage of surgical treatment (left VATS): А — type of tumor; Б - clipping of the left bronchial artery; В — mobilization of the left pulmonary veins; Г — mobilization of the left main bronchus

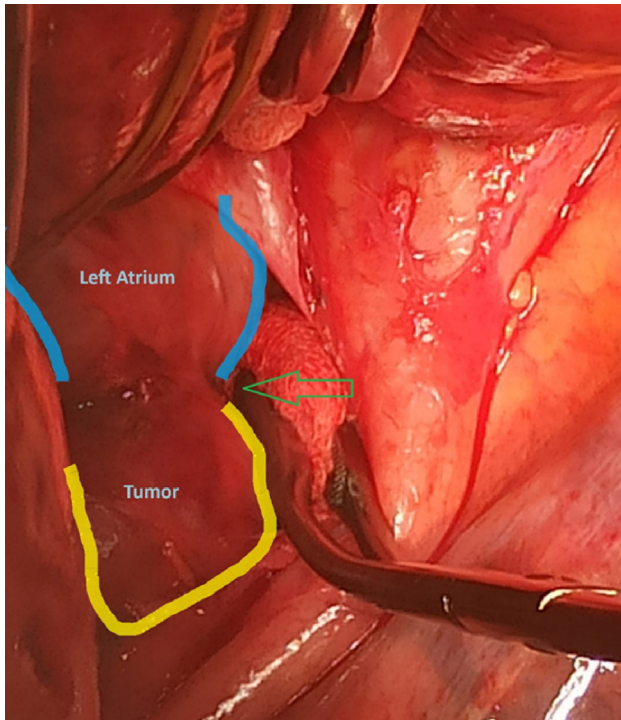


Рис. 3. Инвазия опухоли в левое предсердие (интраоперационное фото)
 Fig. 3. Tumor invasion into the left atrium (intraoperative photo)

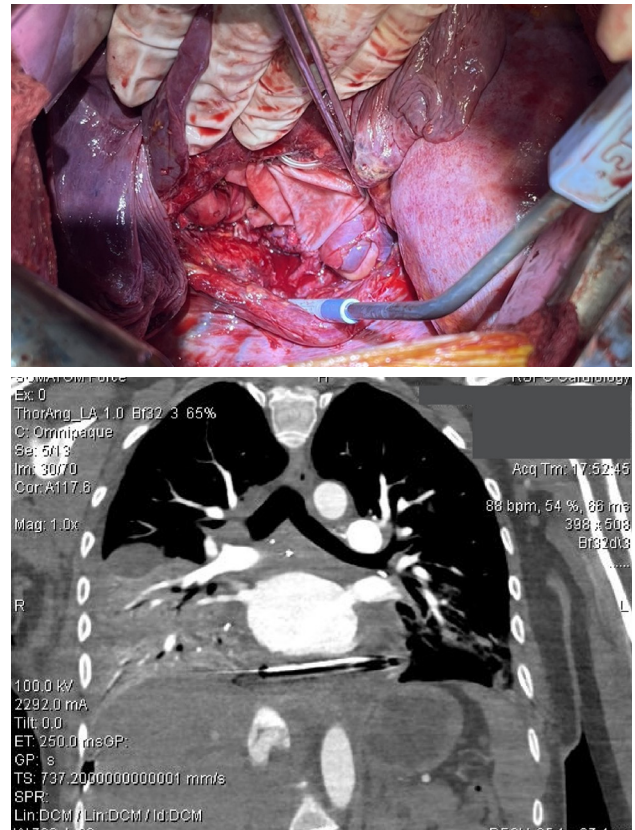


Рис. 4. Вид после завершения реконструкции предсердия бычьим перикардом: А — интраоперационное фото; Б — КТА-ОГК после операции
 Fig. 4. View after completion of atrial reconstruction with bovine pericardium: А — intraoperative photo; Б — postoperative thoracic CTA

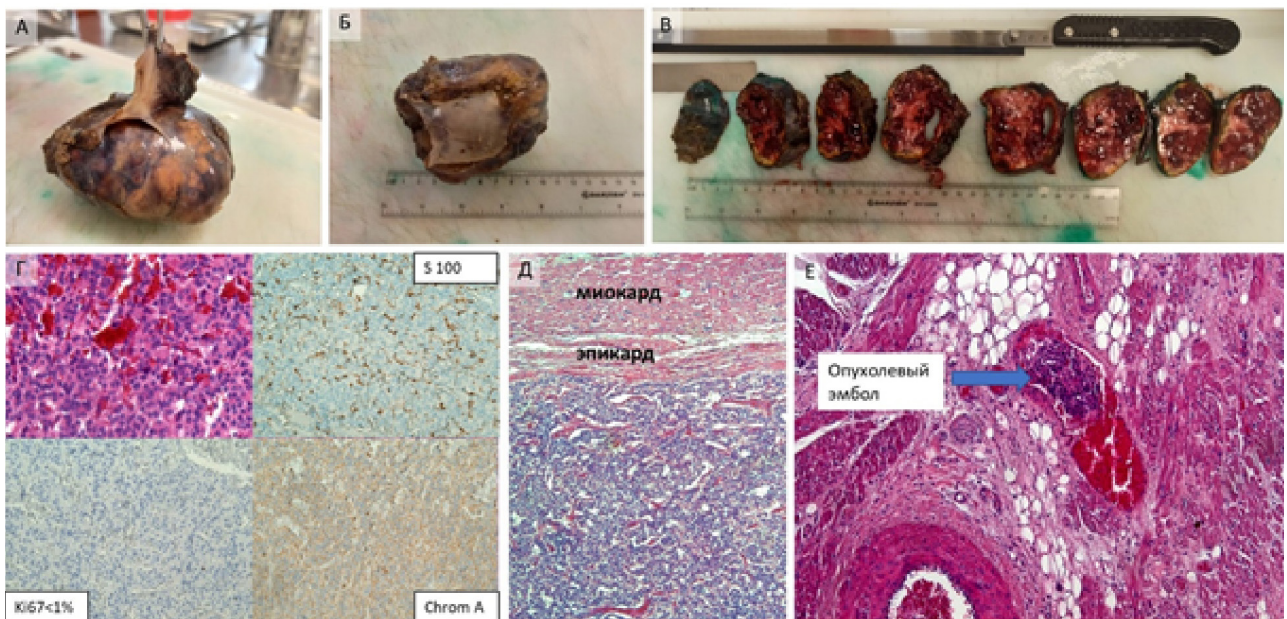


Рис. 5. Результаты патоморфологического исследования: А, Б, В — макроскопическое исследование удалённой опухоли (В — вид опухоли в серийных срезах); Г — микроскопическое исследование опухоли: окраска гематоксилином-эозином; ув. 200. ИГХ - исследование: диффузная экспрессия ChromA, S100 в sustentacularных клетках, низкий пролиферативный индекс Ki67; ув. 200; Д — ограниченная тонкой капсулой опухоль с резецированным участком предсердия; окраска гематоксилином-эозином; ув. 100; Е — опухолевый эмбол в просвете венозного сосуда стенки предсердия; окраска гематоксилином-эозином; ув. 200
 Fig. 5. Results of pathomorphological examination: А, Б, В — macroscopic examination of the removed tumor (В — type of tumor in serial sections); Г — microscopic examination of the tumor: staining with hematoxylin-eosin; magnification $\times 200$. IHC study: diffuse expression of ChromA, S100 in sustentacular cells, low proliferative index Ki67; magnification $\times 200$; Д — tumor limited to a thin capsule with a resected portion of the atrium; hematoxylin-eosin staining; magnification $\times 100$; Е — tumor embolus in the lumen of the venous vessel of the atrium wall; hematoxylin-eosin staining; magnification $\times 200$

контрастного вещества с 37 ед.Х до 110 ед.Х, сдавливающая легочную артерию, левое предсердие, с развитием артериальных коллатералей, общим размером 84 × 49 × 71 мм. Консилиумом рентгенологов КТ-картина была описана как опухоль заднего средостения с преимущественным интраперикардальным распространением (рис. 1, А). Для оценки инвазии опухоли в структуры сердца пациентке была выполнена магнитно-резонансная томография (МРТ), при которой в проекции заднего отдела средостения определялось образование, размером 85 × 78 × 55 мм, с четким ровным наружным контуром, сдавливающее полость левого предсердия, уменьшая его объем. По сигнальным МР-характеристикам структура опухоли изоинтенсивна мышечной ткани.

Для дифференциальной диагностики с лимфопролиферативными заболеваниями, а также для уточнения распространенности опухолевого процесса была выполнена позитронно-эмиссионная томография с фтордезоксиглюкозой (ФДГ ПЭТ-КТ) (рис. 1, Б), по результатам которой в висцеральном отделе средостения определялось гетерогенное солидное образование с четкими контурами, размером до 80 × 53 × 70 мм, содержащее в структуре единичные линейные сосуды. Опухоль диффузно и неравномерно накапливала радиофармпрепарат (SUVmax 2,7-6,1).

При ангиографии установлен источник кровоснабжения опухоли: ветви левой бронхиальной артерии (рис. 1, В). Однако селективная установка микрокатетера оказалась невозможной в связи с выраженной извитостью ветвей бронхиальной артерии, что сделало проведение безопасной эмболизации невозможной.

В плазме крови отмечалось повышение уровня норметанефрина до 220 пг/мл (0–216).

По результатам проведенных исследований признаков инвазии в левое предсердие, крупные сосуды и трахеобронхиальное дерево не было выявлено. При этом имелись клинико-лабораторные и рентгенологические признаки функционирующей параганглиомы.

Учитывая выраженную васкуляризацию опухоли, было принято решение от биопсии воздержаться в связи с высоким риском кровотечения. Выставлены показания к хирургическому лечению. Запланированный объем операции: билатеральная видеоассистированная торакоскопия (ВАТС), удаление опухоли средостения.

До начала операции сразу после интубации правого главного бронха у пациентки отмечен подъем артериального давления до 190/110 мм. рт. ст., ЧСС — до 110/мин, что было расценено как реакция на интубацию трахеи, гипертензивная реакция купирована в течение 7 мин.

После поворота на правый бок и укладки пациентки развилась артериальная гипотензия до 80/40 мм. рт. ст., которая потребовала вазопрессорной поддержки. Далее течение анестезии при проведении ВАТС слева гладкое.

На первом этапе операции выполнен мультипортальный доступ слева. Произведена мобилизация опухоли от перикарда, левых легочных вен, левой легочной артерии, левого главного бронха, пищевода, аорты с клипированием левой бронхиальной артерии у места отхождения (рис. 2). Технических сложностей на данном этапе не возникло.

На втором этапе операции выполнен мультипортальный доступ справа. Начата мобилизация опухоли. Однако развилась десатурация до 75 %, которая потребовала перехода на двухлегочную вентиляцию и увеличения фракции кислорода во вдыхаемой смеси до 80 %. Заподозрена травма мембранозной части трахеи. Интраоперационно выполнена диагностическая фибробронхоскопия, травма исключена. Ввиду непереносимости однологочной вентиляции продолжена двухлегочная ИВЛ, выполнена торакотомия справа. Произведено клипирование дренирующих опухоль вен в паратрахеальной области. При дальнейшей ревизии выявлена связь опухоли с задней стенкой левого предсердия (рис. 3). Для выполнения радикальной операции требовалась резекция левого предсердия в условиях искусственного кровообращения (ИК), что невозможно в условиях РНПЦ ОМР, в связи с чем операция была завершена. При манипуляциях с опухолью отмечались неоднократные подъемы артериального давления до 180/110 мм рт. ст и ЧСС до 120/мин, которые купировались в течение 5–10 мин. после прекращения манипуляций с опухолью.

По окончании операции пациентка доставлена в отделение анестезиологии и реанимации для продленной ИВЛ, где была отлучена от ИВЛ и экстубирована на следующее утро. Весь период нахождения в отделении анестезиологии и реанимации сопровождался подъемами АД и тахикардией, вегетативными реакциями (гиперемия кожи и т. п.), эмоциональной лабильностью, несмотря на проводимую терапию (урапидил, метопролол, парацетамол, декскетопрофен, внутривенная инфузия лидокаина, внутривенная инфузия суфентанила, моксонидин, кветиапин, мидазолам).

На 3-и сутки после операции пациентка переведена в РНПЦ «Кардиология». Через 10 дней после первой операции совместной бригадой онко- и кардиохирургов в условиях ИК было выполнено удаление опухоли с резекцией и пластикой левого предсердия. Учитывая первичное выполнение частичной мобилизации опухоли из

левосторонней VATC и правосторонней торакотомии, возможность подключения ИК различными способами, для выполнения операции был выбран доступ в виде правосторонней переднебоковой реторакотомии в 5-ом межреберье. Этот доступ также обеспечивает лучшую достижимость и практически полную визуализацию задней стенки ЛП, по сравнению со срединной стернотомией. Интраперикардially и экстраперикардially были мобилизованы легочные вены, правая легочная артерия, верхняя полая вена. Опухоль мобилизована от бифуркации трахеи, левого и правого главных бронхов с клипированием питающих сосудов диаметром до 2 мм. Затем стандартно был подключен АИК по схеме «правое предсердие — восходящая аорта». Операция выполнена в условиях нормотермической перфузии и кардиopleгии на основе крови. После остановки сердца устья правых легочных вен отсечены с площадкой ЛП, свободной от опухоли. Произведена резекция задней и верхней стенки левого предсердия с исходящей из нее опухолью с сохранением устьев левых легочных вен. Гиперваскуляризация опухоли, несмотря на предварительное клипирование основных питающих сосудов, потребовала дополнительного прошивания вен, дренирующих опухоль в проекции левого главного бронха. Для восстановления целостности левого предсердия было произведено его формирование «de novo» полотно ксеноперикарда крупного рогатого скота «Биокард» (СП ООО «Фармлэнд», РБ) обвивным непрерывным швом размером 5 × 6 см. Во вновь сформированном предсердии было выполнено отверстие 2 × 3 см, куда реимплантированы устья правых легочных вен. Самостоятельное восстановление сердечной деятельности после реперфузии. Длительность ишемии составила 134 мин., ИК — 190 мин. Пациентка экстубирована через 3 ч. после окончания операции, общий объем послеоперационной кровопотери в первые сутки составил 450 мл.

На 2 послеоперационные сутки диагностирована полисегментарная пневмония, которая разрешилась на 9 сут. Пациентка выписана на 10 сут. после операции. Объем левого предсердия и его функция адекватные, по результатам ЭХО-КГ и КТ-ангиографии (рис. 4).

При контрольном обследовании через 12 мес. после операции (исследование крови на метанефрин, норметанефрин, ПЭТ-КТ, МРТ сердца) данных за рецидив нет.

При микроскопическом исследовании опухоль состояла из эпителиоидных, полигональных клеток, с достаточно мономорфными округлыми ядрами. Клетки организованы в солидно-альвеолярные плотно упакованные гнезда, трабекулярные структуры. Митозы не определялись. При

иммуногистохимическом исследовании имелась экспрессия нейроэндокринных маркеров Synaptophysin и Chromogranin, экспрессия SDHB, отсутствие экспрессии PanCK, S100 — в цитоплазме редких разбросанных sustentakuлярных клеток. Пролиферативный индекс ki67 — менее 1 % (рис. 5).

Обсуждение

На сегодняшний день срединная стернотомия остается золотым стандартом при операциях по поводу опухолей сердца с использованием ИК. Однако существующие современные техники для выполнения канюляции, подключения ИК и безопасность кардиопротекции во время интракардиального этапа позволяют использовать альтернативные, менее инвазивные доступы. Так, выбранная для операции правосторонняя торакотомия обеспечивает лучшую визуализацию боковой и задней поверхности сердца.

Группой ученых из Стэнфордского университета США опубликован случай хирургического лечения интраперикардially параганглиомы, исходящей из левого предсердия. Для доступа использована срединная стернотомия с подключением АИК. Чтобы избежать эксплантации сердца, была пересечена верхняя полая вена, что позволило ротировать сердце влево и обеспечило доступ к левому предсердию, после чего опухоль была удалена и произведена пластика предсердия бычьим перикардом [5].

Группой исследователей из Хьюстона (США) представлены результаты лечения 21 пациента с параганглиомами сердца. У 19 пациентов проведено хирургическое лечение. В 13 случаях опухоль исходила из левого предсердия, в 6 — из корня легочного ствола и аорты. Все операции выполнялись через срединную стернотомию с подключением АИК. У 9 из 13 пациентов с локализацией опухоли в левом предсердии выполнялась эксплантация сердца с последующей аутотрансплантацией. 30-дневная летальность составила 10,5 % [6].

Рядом исследователей предпринимаются попытки выполнения операций с использованием менее травматичного торакотомного доступа, а также малоинвазивных технологий: видеоассистированной и робот-ассистированной торакоскопий [7, 8, 9].

Японскими авторами опубликован случай удаления интраперикардially гигантской параганглиомы (89 × 65 мм), тесно прилегающей к левому предсердию, с использованием торакотомного доступа без ИК. На первом этапе выполнена VATC биопсия опухоли, в результате которой верифицирована параганглиома. При проведении биопсии отмечалась высокая крово-

точивость, с которой удалось справиться. Вторым этапом выполнена правосторонняя заднебоковая торакотомия. После перикардотомии выявлена тесная связь опухоли с левым предсердием. Выполнено интраоперационное УЗИ, по результатам которого инвазии предсердия не определялось. При пальцевом выделении опухоли развилось массивное кровотечение из-за мацерации стенки предсердия, что привело к остановке сердечной деятельности. Дефект левого предсердия был ушит, после чего восстановлена сердечная деятельность. Пациент выписан на 14 день после операции без осложнений [7].

Несмотря на отсутствие признаков рецидива через 15 мес. после операции, на наш взгляд радикальность данной операции сомнительна. Выполнение хирургического вмешательства с использованием ИК представляется более безопасным и обеспечивает радикальное удаление опухоли.

Andrew G. Marthy и соавт. предприняли попытку удаления субкаринальной параганглиомы размером 6 см путем правосторонней робот-ассистированной торакокопии. Однако во время операции выявлена инвазия опухоли в левое предсердие, подтвержденная интраоперационным чрезпищеводным УЗИ, что не позволило выполнить операцию малоинвазивно. Пациент был оперирован повторно через 2 недели с использованием срединной стернотомии. Выполнено удаление опухоли с резекцией и пластикой левого предсердия в условиях ИК [8].

Kote Itagaki и соавт. опубликовали случай хирургического лечения параганглиомы аортопюльмонального окна. Размер опухоли составлял 45 мм. По результатам лабораторных тестов признаков гормональной активности выявлено не было. При ангиографии определено, что опухоль кровоснабжается из ветвей левой бронхиальной, левой внутренней грудной и огибающей коронарной артерий. За день до операции произведена селективная эмболизация ветвей левой бронхиальной и внутренней грудной артерий. Для удаления опухоли использован комбинированный доступ: левосторонняя ВАТС и срединная стернотомия без ИК [9].

Заключение

Использованный нами подход: левосторонняя ВАТС с мобилизацией опухоли в сочетании с правосторонней торакотомией для удаления опухоли левого предсердия с его пластикой на наш взгляд позволяет безопасно выделить опухоль. Подключение АИК из правосторонней торакотомии производится без технических сложностей. При этом визуализация опухоли, исходящей из задней стенки левого предсердия,

гораздо лучше, чем из срединной стернотомии, которая зачастую используется кардиохирургами. Использование данного доступа не требует эксплантации сердца для доступа к опухоли, что значительно снижает травматичность операции.

Несмотря на отсутствие убедительных признаков инвазии в камеры сердца и крупные сосуды, необходимо помнить, что данные опухоли могут развиваться из эпикарда предсердия и параганглиев, окутывающих восходящий отдел аорты и легочного ствола. Лишь резекция вышеуказанных структур позволяет выполнить радикальное вмешательство. В связи с вышеизложенным при планировании операции должна быть возможность подключения АИК. Недоучет этих данных при лечении представленной пациентки потребовал повторной операции в центре, оснащенном АИК.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Исследование выполнено в соответствии с Хельсинкской декларацией ВМА в редакции 2013 г. Получено информированное согласие на публикацию данных.

Compliance with patient rights

The study was carried out in accordance with the WMA Helsinki Declaration as amended in 2013. Informed consent for publication of data was obtained from all individual participants.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Financing

The study was performed without external funding.

Участие авторов

Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.

Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

Authors' contributions

The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria.

All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published.

All authors have approved the final version of the article before publication, agreed to assume responsibility for all aspects of the work, implying proper review and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. WHO Classification of Tumors. Thoracic tumors. WHO classification of tumors editorial board. 5th ed. Vol.5. France, Lyon: IARC. 2021. ISBN-13; 978-92-832-4506-3.
2. Hayek E.R., Hughes M.M., Speakman E.D., et al. Cardiac paraganglioma presenting with acute myocardial infarction and stroke. *Ann Thorac Surg.* 2007; 83(5): 1882-1884.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2006.12.023>.
3. Joynt K.E., Moslehi J.J., Baughman K.L. Paragangliomas: etiology, presentation, and management. *Cardiol Rev.* 2009; 17(4): 159-164.-DOI: <https://doi.org/10.1097/CRD.0b013e3181a6de40>.
4. Alakeel F., Al Sanna G., Ibarra-Cortez S.H., et al. Cardiac paragangliomas: A case series with clinicopathologic features and succinate dehydrogenase B immunostaining. *Ann Diagn Pathol.* 2020; 45: 151477.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anndiagpath.2020.151477>.
5. Guenthart B.A., Trope W., Keeypaj W., et al. Intracardiac paragangliomas: surgical approach and perioperative management. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2021; 69(3): 555-559.-DOI: <https://doi.org/10.1007/s11748-020-01503-2>.
6. Chan E.Y., Ali A., Umana J.P., et al. Management of primary cardiac paraganglioma. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2022; 164(1): 158-166.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.09.100>.
7. Yamamoto Y., Kodama K., Yamato H., Takeda M. Successful removal of giant intrapericardial paraganglioma via posterolateral thoracotomy. *Case Rep Surg.* 2014; 2014: 308462.-DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/308462>.
8. Marthy A.G., Smith N., Samy S., et al. Robotic approach to a subcarinal functional paraganglioma. *Respir Med Case Rep.* 2020; 30: 101092.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmcr.2020.101092>.
9. Itagaki K., Notsuda H., Suzuki T., et al. Combined left thoracoscopic and median sternotomy approach to resect aortopulmonary mediastinal paraganglioma following feeding artery embolization: a case report. *Surg Case Rep.* 2022; 8(1): 176.-DOI: <https://doi.org/10.1186/s40792-022-01534-2>.

Поступила в редакцию / Received / 12.04.2024

Прошла рецензирование / Reviewed / 12.06.2024

Принята к печати / Accepted for publication / 13.06.2024

Сведения об авторах / Author's information / ORCID

Павел Евгеньевич Короткевич / Pavel E. Korotkevich / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4186-488X>.
 Сергей Николаевич Пивоварчик / Sergey N. Pivovarchik / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3433-2260>.
 Олег Васильевич Гуленко / Oleg V. Gulenko / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3753-4340>.
 Эльдар Хасанович Саридзе / Eldar K. Saridze / ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-8190-982X>.
 Вадим Владимирович Шумовец / Vadim V. Shumovets / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3589-9207>.
 Игорь Евгеньевич Андролойт / Igor E. Androlojt / ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-0766-000X>.

