

Международный  
журнал  
интервенционной  
кардиоангиологии

ISSN 1727-818X (Print)  
ISSN 2587-6198 (Online)

№ 79  
2024

International Journal  
of Interventional  
Cardioangiology

**Читайте в номере:**

**Возможности эндоваскулярного  
лечения грудной аорты с помощью  
фенестрации стент-графта  
(клиническое наблюдение)**

А.В. Иванов, Р.С. Поляков, В.И. Бакшеев,  
В.А. Иванов, А.Н. Лищук, М.Е. Семёнов,  
А.Н. Колтунов, Р.М. Шабает, Р.А. Алияров,  
С.Д. Максанов, И.С. Базанов, Д.А. Карамян,  
К.А. Кур-ипа

**Read in this issue:**

**Possibilities of endovascular  
treatment of the thoracic aorta  
using stent-graft fenestration  
(clinical observation)**

A.V. Ivanov, R.S. Polyakov, V.I. Baksheev,  
V.A. Ivanov, A.N. Lishchuk, M.E. Semenov,  
A.N. Koltunov, R.M. Shabaev, R.A. Aliyarov,  
S.D. Maksanov, I.S. Bazanov, D.A. Karamyan,  
K.A. Kur-ipa



# МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНТЕРВЕНЦИОННОЙ КАРДИОАНГИОЛОГИИ

**№ 79-2024**

Научно-практическое  
издание Российского  
научного общества  
интервенционных  
кардиоангиологов.  
Год основания – 2002

## Подписка

по интернет-версии  
Объединенного каталога  
«Пресса России» на сайтах  
[www.pressa-rf.ru](http://www.pressa-rf.ru)  
[www.akc.ru](http://www.akc.ru)  
Подписной индекс E82182

**Адрес в Интернете:**  
[www.ijic.ru](http://www.ijic.ru)

**Адрес редакции:**  
101000 Москва,  
Сверчков пер., 5  
Тел. (495) 624 96 36  
Факс (495) 624 67 33

**Переводы статей:**  
Бюро переводов МЕДТРАН

**Оригинал-макет:**  
Издательство ВИДАР-М

**Верстка:**  
Ю.А. Кушель

**Корректор:**  
Т.И. Луковская

Редакция выражает  
особую признательность  
доктору и художнику  
Георгию Гигинейшвили  
за предоставленную  
возможность размещения  
на обложке журнала его  
работы “Интервенционная  
кардиоангиология”

**Главный редактор** Д.Г. Иоселиани

**Заместители главного редактора:**

А.М. Бабунашвили (Москва)  
Л.С. Коков (Москва) – председатель РНОИК  
С.П. Семитко (Москва)

## Члены редколлегии

А.В. Азаров (Москва)                      В.В. Кучеров (Обнинск)  
Д.А. Асадов (Москва)                    Ю.В. Суворова (Санкт-  
Д.Г. Громов (Москва)                      Петербург)  
В.В. Демин (Оренбург)                  Н.В. Церетели (Москва)  
А.Г. Колединский (Москва)

## Редакционный совет

М.М. Алшибая (Москва)                    С.-Дж. Парк (Сеул,  
Ю.В. Белов (Москва)                      Республика Корея)  
И.Н. Бузаев (Уфа)                          Ш. Сайто (Камакура, Япония)  
А. Ваханян. (Париж, Франция)            А.Н Самко ( Москва)  
Ж.-Ш. Верне (Бордо, Франция)            Т.С. Сандодзе (Москва)  
С.Л. Грайнс С. Нью-Йорк, США)            П. Серраюс (Роттердам,  
К.В. Гюльмисарян (Москва)                  Нидерланды)  
Е.А. Дегтярева (Москва)                    В.К. Сухов (Санкт-Петербург)  
Э.Н. ДеМария (Сан-Диего,                    О.Е. Сухоруков (Москва)  
США)    А.Ю. Терегулов (Казань)  
С.Б. Кинг (Атланта, США)                    Л.С. Уанн (Милуоки, США)  
Я. Ковач (Лейстер,                          Ж. Фажаде (Тулуза, Франция)  
Великобритания)                            Е.В. Чеботарь (Нижний  
А. Коломбо (Милан, Италия)                  Новгород)  
В.В. Майсков (Москва)                    И.Е. Чернышева (Москва)  
С. Мета (Майами, США)                    Б.Е. Шахов (Нижний Новгород)  
М.К. Морис (Париж, Франция)            В.Н. Шиповский (Москва)  
А.М. Носачев (Москва)                    Е.А. Шлойдо (Санкт-Петербург)  
С.А. Папоян (Москва)                      А. Эрглис (Рига, Латвия)

## Ответственный секретарь

Е.Д. Богатыренко (Москва)

Журнал включен ВАК РФ в перечень ведущих рецензируемых  
научных журналов и изданий, в которых должны быть  
опубликованы основные научные результаты диссертации  
на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

ISSN 1727-818X



9 771727 818001

# INTERNATIONAL JOURNAL OF INTERVENTIONAL CARDIOANGIOLOGY

**№ 79-2024**

**“International Journal  
of Interventional  
Cardioangiology”  
peer-reviewed scientific  
and practical journal.  
Founded in 2002**

**Address of the Editions:**

101000, Moscow,  
Sverchkov per., 5  
Phone (+7 495) 624 96 36  
Fax (+7 495) 624 67 33

**Website:** www.ijic.ru

**Translation:**

Translation bureau  
MEDTRAN

Prepared by:

**VIDAR-M Publishing House**

**Computer makeup:**

Yu. Kushel

**Corrector:**

T. Lukovskaya

Special gratitude to  
George Guiguineishvili,  
doctor and artist,  
for the offered opportunity  
to put the photocopy  
of his painting  
“Interventional  
Cardioangiology”  
on the cover  
of the magazine

**Editor-in-Chief** D.G. Iosseliani

**Deputies Editors-in-Chief**

A.M. Babunashvili (Moscow)  
L.S. Kokov (Moscow) – President of RSICA  
S.P. Semitko (Moscow)

**Members of the Editorial Board**

A.V. Azarov (Moscow)	A.G. Koledinsky (Moscow)
D.A. Asadov (Moscow)	V.V. Kucherov (Obninsk)
D.G. Gromov (Moscow)	Yu.V. Suvorova (St. Petersburg)
V.V. Demin (Orenburg)	N.V. Tsereteli (Moscow)

**Editorial Council**

M.M. Alshibaya (Moscow)	S.J. Park (Seoul, Republic of Korea)
Y.V. Belov (Moscow)	S. Saito (Kamakura, Japan)
I.N. Buzaev (Ufa)	A.N. Samko (Moscow)
A. Vahanian (Paris, France)	T.S. Sandodze (Moscow)
J.-Ch. Vernhet (Bordeaux, France)	P.Serruys (Rotterdam, the Netherlands)
S.L. Grines (New York, USA)	V.K. Sukhov (St. Petersburg)
K.V. Guilmisarian (Moscow)	O.E. Sukhorukov (Moscow)
E.A. Degtiyareva (Moscow)	A.Yu. Teregulov (Kazan)
A.N. DeMaria (San Diego, USA)	L.S. Wann (Milwaukee, USA)
S.B. King III (Atlanta, USA)	J. Fajadet (Toulouse, France)
J. Kovac (Leicester, Great Britain)	E.V. Chebotar (Nijny Novgorod)
A. Colombo (Milan, Italy)	I.E. Chernysheva (Moscow)
V.V. Mayskov (Moscow)	B.E. Shakohv (Nijny Novgorod)
S. Mehta (Miami, USA)	V.N. Shipovsky (Moscow)
M.-C. Morice (Paris, France)	E.A. Shloydo (St. Petersburg)
A.M. Nosachev (Moscow)	A. Erglis (Riga, Latvia)
S.A. Papoyan (Moscow)	

**Executive Editor**

E.D. Bogatyrenko

ISSN 1727-818X



9 771727 818001

The Journal is included in the “List of leading peer-reviewed editions, recommended for publication of Candidate’s and Doctor’s degree theses main results” approved by Higher Attestation Commission (VAK) RF.

# Правление Российского научного общества интервенционных кардиоангиологов

## **Председатель РНОИК**

Коков Л.С. (Москва)

## **Бюро правления РНОИК**

Бабунашвили А.М. (Москва) –  
заместитель председателя  
Волков С.В. (Москва) –  
заместитель председателя  
Громов Д.Г. (Москва)  
Демин В.В. (Оренбург) –  
заместитель председателя  
Ерошкин И.А. (Москва)  
Жолковский А.В. (Ростов-на-Дону) –  
заместитель председателя  
Иоселиани Д.Г. (Москва) –  
заместитель председателя  
Кислухин Т.В. (Самара)  
Кучеров В.В. (Москва) –  
заместитель председателя  
Папоян С.А. (Москва)  
Сандодзе Т.С. (Москва)  
Семитко С.П. (Москва)  
Суворова Ю.В. (Санкт-Петербург)  
Терегулов А.Ю. (Казань)  
Чеботарь Е.В. (Нижний Новгород)  
Шлойдо Е.А. (Санкт-Петербург)

## **Члены правления РНОИК**

Агарков М.В. (Калининград)  
Азаров А.В. (Москва)  
Араблинский А.В. (Москва)  
Ардеев В.Н. (Всеволожск)  
Асадов Д.А. (Москва)  
Бирюков С.А. (Рязань)  
Боломатов Н.В. (Курск)  
Бузаев И.В. (Уфа)  
Володюхин М.Ю. (Казань)  
Гегенава Б.Б. (Жуковский)

Грачев Н.И. (Владивосток)  
Дубаев А.А. (Махачкала)  
Зубарев Д.Д. (Санкт-Петербург)  
Иванов А.В. (Красногорск)  
Иванов В.А. (Красногорск) –  
почетный член  
Кан П.Б. (Сургут)  
Каракулов О.Г. (Пермь)  
Козлов С.В. (Екатеринбург)  
Колединский А.Г. (Москва)  
Коротких А.В. (Благовещенск)  
Кочергин Н.А. (Кемерово)  
Кретов Е.И. (Новосибирск)  
Ларионов А.А. (Пятигорск)  
Майсков В.В. (Москва)  
Матчин Ю.Г. (Москва)  
Миронков А.Б. (Москва)  
Миронков Б.Л. (Москва) – почетный член  
Мовсесянц М.Ю. (Москва)  
Моносов Д.Л. (Санкт-Петербург)  
Осиев А.Г. (Москва)  
Павлов П.И. (Ханты-Мансийск)  
Пекарский С.Е. (Томск)  
Платонов С.А. (Санкт-Петербург)  
Плеханов В.Г. (Иваново)  
Поляков К.В. (Хабаровск)  
Созыкин А.В. (Москва)  
Самко А.Н. (Москва) – почетный член  
Сонькин И.Н. (Санкт-Петербург)  
Сухоруков О.Е. (Москва)  
Фролов А.А. (Нижний Новгород)  
Шалыгин К.В. (Новосибирск)  
Шарабрин Е.Г. (Нижний Новгород)  
Шахов Б.Е. (Нижний Новгород) –  
почетный член  
Шиповский В.Н. (Москва)  
Шубин А.Ю. (Йошкар-Ола)  
Шугушев З.Х. (Москва)

Ответственный секретарь РНОИК – Богатыренко Е.Д.

**101000 Москва, Сверчков пер., 5**  
**Научно-практический центр интервенционной кардиоангиологии**  
**(секретарь РНОИК Е.Д. Богатыренко)**  
**Тел.: +7 (495) 624-96-36, +7 (495) 625 32 16**  
**Факс: +7 (495) 624-67-33**  
**E-mail : elenita712@gmail.com**  
**www.rnoik.ru**

## ПОЧЕТНЫЕ ЧЛЕНЫ Российского научного общества интервенционной кардиоангиологии

ВАХАНЯН Алек	Париж (Франция)
ВОЛЫНСКИЙ Юрий	Москва (РФ)
ГРАЙНС Синди Л.	Детройт (Мичиган, США)
ДЕМАРИЯ Энтони Н.	Сан-Диего (Калифорния, США)
ДОРРОС Джеральд	Феникс (Аризона, США)
ИОСЕЛИАНИ Давид	Москва (РФ)
КАТЦЕН Барри Т.	Майами (Флорида, США)
КИНГ Спенсер Б., III	Атланта (Джорджия, США)
КОЛОМБО Антонио	Милан (Италия)
ЛЮДВИГ Йозеф	Эрланген (Германия)
МАЙЕР Бернхард	Берн (Швейцария)
МОРИС Мари-Клод	Париж (Франция)
ПРОКУБОВСКИЙ Владимир	Москва (РФ)
РИЕНМЮЛЛЕР Райнер	Грац (Австрия)
СЕРРАЮС Патрик В.	Роттердам (Нидерланды)
СИГВАРТ Ульрих	Женева (Швейцария)
СИМОН Рюдигер	Киль (Германия)
СУХОВ Валентин	Санкт-Петербург (РФ)
ФАЖАДЕ Жан	Тулуза (Франция)
ХОЛМС Дэвид Р. мл.	Рочестер (Миннесота, США)
ШАХНОВИЧ Александр	Нью-Йорк (Нью-Йорк, США)
ЭРГЛИС Андрейс	Рига (Латвия)



# Board of the Russian Society of Interventional Cardioangiology

## **President of RSICA**

Kokov L.S. (Moscow)

## **Bureau of the Board of RSICA**

Babunasvili A.M. (Moscow) –

Vice-President

Volkov S.V. (Moscow) –

Vice-President

Gromov D.G. (Moscow)

Demin V.V. (Orenburg) –

Vice-President

Eroshkin I.A. (Moscow)

Zholkovsky A.V. (Rostov-on-Don) –

Vice-President

Iosseliani D.G. (Moscow) –

Vice-President

Kislukhin T.V. (Samara)

Kuchеров V.V. (Moscow) –

Vice-President

Papoyan S.A. (Moscow)

Sandodze T.S. (Moscow)

Semitko S.P. (Moscow)

Suvorova Yu.V. (St. Petersburg)

Tregulov A.Yu. (Kazan)

Chebotar E.V. (Nijny Novgorod)

Shloydo E.A. (St. Petersburg)

## **Members of the Board of RSICA**

Agarkov M.V. (Kaliningrad)

Azarov A.V. (Moscow)

Arablinsky A.V. (Moscow)

Ardeev V.N. (Всеволожск)

Asadov D.A. (Moscow)

Biriukov S.A. (Riazan)

Bolomatov N.V. (Kursk)

Buzaev I.V. (Ufa)

Volodiukhin M.Yu. (Kazan)

Gueguenava B.B. (Zhukovsky)

Grachev N.I. (Vladivostok)

Dubaev A.A. (Makhachkala)

Zubarev D.D. (St. Petersburg)

Ivanov A.V. (Krasnogorsk)

Ivanov V.A. (Krasnogorsk) –

Honorary Member

Kan P.B. (Surgut)

Karakulov O.G. (Perm)

Kozlov S.V. (Yekaterinburg)

Koledinsky A.G. (Moscow)

Korotkikh A.V. (Blagoveshchensk)

Kocherguin N.A. (Kemerovo)

Kretov E.I. (Novosibirsk)

Larionov A.A. (Piatigorsk)

Mayskov V.V. (Moscow)

Matchin Yu.G. (Moscow)

Mironkov A.B. (Moscow)

Mironkov B.L. (Moscow) –

Honorary Member

Movsesiantz M.Yu. (Moscow)

Monosov D.L. (St. Petersburg)

Osiev A.G. (Moscow)

Pavlov P.I. (Khanty-Mansisk)

Pekarsky S.E. (Tomsk)

Platonov S.A. (St. Petersburg)

Plekhanov V.G. (Ivanovo)

Poliakov K.V. (Khabarovsk)

Sozykin A.V. (Moscow)

Samko A.N. (Moscow) –

Honorary Member

Sonkin I.N. (St. Petersburg)

Sukhorukov O.E. (Moscow)

Frolov A.A. (Nijny Novgorod)

Shalyguin K.V. (Novosibirsk)

Sharabrin E.G. (Nijny Novgorod)

Shakhov B.E. (Nijny Novgorod) –

Honorary Member

Shipovsky V.N. (Moscow)

Shubin A.Yu. (Yioshkar-Ola)

Shugushev Z.Kh. (Moscow)

**Russia, 101000, Moscow, Sverchkov per., 5  
Moscow City Center of Interventional Cardioangiology  
(Secretary of RSICA E. Bogatyrenko)**

**Phone: +7 (495) 624 96 36, +7 (495) 625 32 16**

**Fax+7 (495) 624-67-33**

**E-mail : elenita712@gmail.com**

**Website: www.rnoik.ru**

## HONORARY MEMBERS of Russian Society of Interventional Cardioangiology

COLOMBO Antonio	Milan, Italy
DEMARIA Anthony N.	San-Diego, California, USA
DORROS Gerald	Phoenix, Arizona, USA
ERGLIS Andrejs	Riga, Latvia
FAJADET Jean	Toulouse, France
GRINES Cindy L.	Detroit, Michigan, USA
HOLMES David R., Jr.	Rochester, Minnesota, USA
IOSSELIANI David	Moscow, Russian Federation
KATZEN Barry T.	Miami, USA
KING Spencer B., III	Atlanta, Georgia, USA
LUDWIG Josef	Erlangen, Germany
MEIER Bernhard	Bern, Switzerland
MORICE Marie-Claude	Paris, France
PROKUBOVSKY Vladimir	Moscow, Russian Federation
RIENMULLER Rainer	Graz, Austria
SERRUYS Patrick W.	Rotterdam, Netherlands
SHAKNOVICH Alexander	New York, USA
SIGWART Ulrich	Geneva, Switzerland
SIMON Rudiger	Kiel, Germany
SUKHOV Valentin	St. Petersburg, Russian Federation
VAHANIAN Alec	Paris, France
VOLYNSKY Youry	Moscow, Russian Federation

# СОДЕРЖАНИЕ

---

## **ИНТЕРВЕНЦИОННАЯ КАРДИОАНГИОЛОГИЯ**

Возможности эндоваскулярного лечения грудной аорты  
с помощью фенестрации стент-графта (клиническое наблюдение)  
*А.В. Иванов, Р.С. Поляков, В.И. Бакшеев, В.А. Иванов, А.Н. Лищук,  
М.Е. Семёнов, А.Н. Колтунов, Р.М. Шабает, Р.А. Алияров, С.Д. Максанов,  
И.С. Базанов, Д.А. Карамян, К.А. Кур-ипа* ..... 9

## **ИНТЕРВЕНЦИОННАЯ АНГИОЛОГИЯ**

Дистальный лучевой доступ. Локальные геморрагические осложнения,  
их профилактика и лечение  
*А.Л. Каледин* ..... 23

## **ИНТЕРВЕНЦИОННАЯ РАДИОЛОГИЯ**

Рентгенэндоваскулярное лечение больных нерезектабельной внутрипеченочной  
холангиокарциномой  
*А.С. Турлак, А.В. Козлов, П.Г. Таразов, А.А. Поликарпов* ..... 46

Роль ангиографии брахиоцефальных артерий и плоскодетекторной КТ  
в диагностике метастатических узлов шеи и опухоли каротидного гломуса  
*А.И. Загорулько, Г.П. Нистратов, А.К. Голубцов, Д.В. Козлов, С.П. Рыков* ..... 61

## **РАЗНОЕ**

Транскатетерная эмболизация ветвей подколенной артерии как метод лечения  
болевого синдрома при гонартрозе: патогенетическое обоснование метода  
и обзор литературы  
*А.В. Святова, К.Л. Козлов, В.В. Хоминец, С.В. Шендеров* ..... 76



# CONTENTS

---

## **INTERVENTIONAL CARDIOANGIOLOGY**

Possibilities of endovascular treatment of the thoracic aorta using stent-graft fenestration (clinical observation)

*A.V. Ivanov, R.S. Polyakov, V.I. Baksheev, V.A. Ivanov, A.N. Lishchuk, M.E. Semenov, A.N. Koltunov, R.M. Shabaev, R.A. Aliyarov, S.D. Maksanov, I.S. Bazanov, D.A. Karamyan, K.A. Kur-ipa* ..... 9

## **INTERVENTIONAL ANGIOLOGY**

Distal radial access. Local hemorrhagic complications, their prevention and treatment

*A.L. Kaledin* ..... 23

## **INTERVENTIONAL RADIOLOGY**

X-ray endovascular treatment of patients with unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma

*A.S. Turlak, A.V. Kozlov, P.G. Tarazov, A.A. Polikarpov* ..... 46

The role of brachiocephalic artery angiography and FD-CT in the diagnosis of metastatic nodules of the neck and tumors of the carotid glomus

*A.I. Zagorulko, G.P. Nistratov, A. K. Golubcev, D.V. Kozlov, S.P. Rykov* ..... 61

## **MISCELLANEOUS**

Transcatheter embolization of popliteal artery as a treatment method for pain syndrome in gonarthrosis: pathogenetic rationale for the method and literature review

*A.V. Svyatova, K.L. Kozlov, V.V. Khominetz, S.V. Shenderov* ..... 76

ISSN 1727-818X (Print); ISSN 2587-6198 (Online)  
<https://doi.org/10.24835/1727-818X-79-09>

## Возможности эндоваскулярного лечения грудной аорты с помощью фенестрации стент-графта (клиническое наблюдение)

А.В. Иванов<sup>1, 3, 4\*</sup>, Р.С. Поляков<sup>5</sup>, В.И. Бакшеев<sup>1</sup>, В.А. Иванов<sup>2</sup>, А.Н. Лищук<sup>1</sup>, М.Е. Семёнов<sup>1</sup>, А.Н. Колтунов<sup>1</sup>, Р.М. Шабаев<sup>1, 4</sup>, Р.А. Алияров<sup>1</sup>, С.Д. Максанов<sup>1</sup>, И.С. Базанов<sup>6</sup>, Д.А. Карамян<sup>5</sup>, К.А. Кур-ипа<sup>5</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий – Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневского” Министерства обороны Российской Федерации, Красногорск, Россия

<sup>2</sup> Филиал ФГБВОУ ВО “Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова” Министерства обороны Российской Федерации в г. Москве, Москва, Россия

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы” Минобрнауки России, Москва, Россия

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО “Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)”, Москва, Россия

<sup>5</sup> ГНЦ ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, Москва, Россия

<sup>6</sup> ГБУЗ города Москвы “Городская клиническая больница имени М.П. Кончаловского ДЗ города Москвы”, Москва, Россия

**Цель исследования:** представить клиническое наблюдение успешного эндоваскулярного метода лечения у пациента с травматическим повреждением грудного отдела аорты в результате осколочного ранения, подчеркивая важность своевременной диагностики и использование современных специализированных инструментов.

**Обсуждение.** Данное наблюдение подчеркивает важность эндоваскулярного вмешательства в минимальные сроки, что приводит к благоприятному исходу, так как основными причинами смерти при боевой травме в грудь являются кровотечения из поврежденных сосудов средостения.

**Методы.** Представлено клиническое наблюдение успешного эндоваскулярного лечения травматического повреждения сосудистой стенки грудного отдела аорты ранящим осколком с формированием псевдоаневризмы. Пациенту было выполнено стентирование грудного отдела аорты с фенестрацией стент-графта и с последующим стентированием магистральных артерий головы в условиях гибридной операционной.

**Результаты.** Данное наблюдение подтверждает высокий потенциал эндоваскулярного метода лечения при повреждении грудного отдела аорты как эффективного и менее инвазивного вмешательства. Основным показателем наблюдения стал высокий уровень успешности процедур без необходимости открытого хирургического вмешательства.

**Заключение.** Эндоваскулярное эндопротезирование дуги аорты и ее ветвей с применением стент-графта является эффективным и альтернативным методом лечения пациентов с данной патологией грудной аорты, которые по тем или иным причинам не могут быть кандидатами для традиционного протезирования с использованием искусственного кровообращения.

**Ключевые слова:** фенестрация стент-графта; эндопротезирование дуги аорты; посттравматическая аневризма; 3D-печать грудного отдела аорты; стент-графт; псевдоаневризма

**Для цитирования:** А.В. Иванов, Р.С. Поляков, В.И. Бакшеев, В.А. Иванов, А.Н. Лищук, М.Е. Семёнов, А.Н. Колтунов, Р.М. Шабаев, Р.А. Алияров, С.Д. Максанов, И.С. Базанов, Д.А. Карамян, К.А. Кур-ипа. Возможности эндоваскулярного лечения грудной аорты с помощью фенестрации стент-графта (клиническое наблюдение). *Международный журнал интервенционной кардиоангиологии*. 2024; 79 (4): 9–22. <https://doi.org/10.24835/1727-818X-79-09>

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Источники финансирования:** работа выполнена без спонсорской поддержки.

# Possibilities of endovascular treatment of the thoracic aorta using stent-graft fenestration (clinical observation)

A.V. Ivanov<sup>1, 3, 4\*</sup>, R.S. Polyakov<sup>5</sup>, V.I. Baksheev<sup>1</sup>, V.A. Ivanov<sup>2</sup>, A.N. Lishchuk<sup>1</sup>, M.E. Semenov<sup>1</sup>, A.N. Koltunov<sup>1</sup>, R.M. Shabaev<sup>1, 4</sup>, R.A. Aliyarov<sup>1</sup>, S.D. Maksanov<sup>1</sup>, I.S. Bazanov<sup>6</sup>, D.A. Karamyan<sup>5</sup>, K.A. Kur-ipa<sup>5</sup>

<sup>1</sup> FSBI "National Medical Research Center of High Medical Technologies – A.A. Vishnevsky Central Military Clinical Hospital" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Russia

<sup>2</sup> The branch of the federal state budgetary military educational institution of higher education "Kirov military medical academy" of the ministry of defense of the Russian Federation in the city of Moscow, Moscow, Russia

<sup>3</sup> People's Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Moscow, Russia

<sup>5</sup> SSC FSBSI "B.V. Petrovsky Russian Research Center of Surgery", Moscow, Russia

<sup>6</sup> M.P. Konchalovsky City Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

**Objective:** to present a clinical observation of a successful endovascular treatment method in a patient with traumatic injury to the thoracic aorta as a result of a shrapnel wound, emphasizing the importance of timely diagnosis and the use of modern specialized instruments.

**Rationale.** This example highlights the importance of endovascular intervention in the shortest possible time, which leads to a favorable outcome, since the main causes of death in combat chest trauma are bleeding from damaged mediastinal vessels.

**Methods.** A clinical case of successful endovascular treatment of traumatic injury to the vascular wall of the thoracic aorta by a wounding fragment and with the formation of a pseudoaneurysm is presented. The patient underwent stenting of the thoracic aorta with fenestration of the stent graft and subsequent stenting of the main arteries of the head, in a hybrid operating room.

**Results.** This case confirms the high potential of endovascular treatment for thoracic aortic injury as an effective and less invasive intervention. The main outcome of follow-up was the high success rate of procedures without the need for open surgery.

**Conclusions.** Endovascular endoprosthetics of the aortic arch and its branches using a stent graft is an effective and alternative method of treating patients with this pathology of the thoracic aorta, who for one reason or another cannot be candidates for traditional prosthetics using artificial circulation.

**Keywords:** stent-graft fenestration; aortic arch replacement; post-traumatic aneurysm; 3D printing of the thoracic aorta; stent-graft; pseudoaneurysm

**For citation:** A.V. Ivanov, R.S. Polyakov, V.I. Baksheev, V.A. Ivanov, A.N. Lishchuk, M.E. Semenov, A.N. Koltunov, R.M. Shabaev, R.A. Aliyarov, S.D. Maksanov, I.S. Bazanov, D.A. Karamyan, K.A. Kur-ipa. Possibilities of endovascular treatment of the thoracic aorta using stent-graft fenestration (clinical observation). *International Journal of Interventional Cardioangiology*. 2024; 79 (4): 9–22. <https://doi.org/10.24835/1727-818X-79-09>

**Conflict of interest:** The authors declare that they have no conflict of interest.

## Краткий тезис

В статье представлено клиническое наблюдение успешного протезирования дуги аорты в результате осколочного повреждения с помощью фенестрированного стент-графта. По оригинальной методике, последовательно выполнены: фенестрация грудного стент-графта (по данным МСКТ-ангиографии и 3D-макету аорты) и после-

дующее стентирование стент-графтами магистральных артерий головы. Проблема лечения огнестрельных и минно-взрывных ранений аорты занимает одно из первых мест в военно-полевой хирургии. Это связано прежде всего с модернизацией и усовершенствованием традиционных видов оружия и широким использованием взрывных устройств, что способствует увеличению

числа ранений как в мирное, так и в военное время. Выполнение гибридного эндоваскулярного вмешательства у пациентов данной группы на сегодняшний день является перспективным, малотравматичным методом лечения.

## Введение

Проникающие ранения груди характеризуются особой тяжестью течения заболеваний. Основными причинами смерти при боевой травме в грудь являются кровотечения из поврежденных сосудов средостения и корня легкого в 20%, кровотечения из зон сочетанного ранения в 28% и ранения сердца в 22% (1).

По данным Л.Н. Бисенкова (2000), а также других авторов, большинство проникающих огнестрельных ранений груди сопровождается острой массивной кровопотерей и шоком (Войновский Е.А., 2011; Жестков К.Г., 2013). При сочетанном огнестрельном ранении состояние пациента еще более усугубляется. Так, по данным П.Г. Брюсова (2010), при торакоабдоминальных ранениях летальность в Афганистане достигала 42%, в Чечне – 33%. Для прогноза повреждения груди и организации лечения важное значение имеют характер ранения, вид ранящего снаряда, направление раневого канала, сочетанное повреждение другой области (2).

Улучшение качества оказания медицинской помощи на этапах эвакуации раненых и сокращения времени доставки в центральные госпитали (третьего уровня), внедрение новых технологий, в том числе эндопротезирования сосудов, способствуют кардинальному решению проблемы боевых поврежденных сосудистой системы у раненых.

Впервые в мире установка сосудистого эндопротеза (стент-графта) была выполнена в 1985 г. советским хирургом Николаем Леонтьевичем Володосем и с этих пор прочно вошла в повседневную медицинскую практику (3, 4).

Тем не менее общепринятым было мнение, что приоритет этой технологии принадлежит аргентинским ученым из Института сердечно-сосудистой хирургии Буэнос-Айреса J.C. Parodi и его коллегам J.C. Palmaz и H.D. Varone (5). В 1994 г. на VII Международном конгрессе по эндоваскулярным вмешательствам (февраль 13–17, 1994, Финикс, Аризона) приоритет Н.Л. Володосе был подтвержден (4, 6, 7). Заведующий отделением сосудистой хирургии мемориаль-

ной больницы в Балтиморе (штат Мэриленд, США) F.J. Criado (2022) писал, что “вооружившись вышеуказанными знаниями, было бы трудно не провозгласить Николая Володосе гигантом исторических масштабов в сосудистой и эндоваскулярной хирургии и отцом эндоваскулярной пластики” (4).

На сегодняшний день эндоваскулярная хирургия заняла прочное место в лечении сосудистых заболеваний и травм (8). Эндоваскулярное вмешательство на аорте является основным способом операции при травматических повреждениях как нисходящего отдела, так и грудной аорты (9, 10).

С развитием эндоваскулярных методик показания к эндоваскулярному восстановлению грудной аорты (Thoracic Endovascular Aortic Repair (TEVAR)) постоянно расширяются. В настоящее время эндоваскулярное лечение дуги аорты выполняется у больных пожилого возраста и пациентов с тяжелыми сопутствующими заболеваниями, у которых имеется высокий риск смертности и неврологических осложнений при открытом протезировании дуги аорты (11, 12). Так, по данным Т.Э. Имаева и соавт. (2021), главными причинами для отказа от традиционного протезирования являлись хроническая болезнь почек (22,5%), хроническая обструктивная болезнь легких (11%), острое нарушение мозгового кровообращения в течение последних 6 мес (15%) (11). И даже при правильном отборе больных для эндоваскулярного протезирования дуги аорты возможно развитие осложнений. Так, из 45 пациентов, которым выполнялась реконструкция ветвей аорты, развились следующие осложнения, связанные с вмешательством: 3 (11%) случая острого нарушения мозгового кровообращения, 2 (7,4%) окклюзии ветвей аорты и 1 (3,7%) эндолик II типа. Госпитальная и 30-дневная летальность составили 3,7 и 7,4% соответственно.

При реконструкции нисходящей грудной аорты эндопротезирование становится методом выбора для многих плановых и большинства экстренных случаев (9). При патологии дуги аорты “золотым стандартом” остается традиционное протезирование с использованием искусственного кровообращения, которое нередко ассоциируется со значительной смертностью и частотой инсультов, что нередко является причиной отказа в оперативном лечении (13–15).

В последнее время возрастает интерес к эндоваскулярным и гибридным методам

коррекции аневризм дуги аорты и ее ветвей (16), травматических повреждений аорты, в том числе при политравме (17, 18).

Гибридное восстановление дуги аорты включает эндопротезирование с дебранчингом<sup>1</sup> ветвей дуги аорты. Впервые техника дебранчинга дуги аорты (брахиоцефальный дебранчинг) была разработана нидерландскими учеными J. Vuth и соавт. в 1997 г. (отделения сосудистой хирургии больницы Катарина, Эйндрховен, Нидерланды). Дебранчинг брюшной аорты (висцеральный дебранчинг) при торакоабдоминальной аневризме аорты впервые был выполнен Quinones-Baldrich и его коллегами из департамента сосудистой хирургии Калифорнийского университета (Лос-Анджелес, США) в 1999 г. Для выполнения эндопротезирования различных отделов грудной аорты американскими учеными R.S. Mitchell и соавт. была разработана анатомическая классификация по зонам фиксации эндопротеза (19).

Необходимость в дебранчинге брахиоцефальных ветвей возникает, если стент располагается в дуге, перекрывая устья ее магистральных ветвей. В этом случае первым этапом перед стентированием выполняется операция для создания “зоны приземления” путем переключения ветвей дуги аорты. При тотальном эндоваскулярном протезировании дуги аорты используются различные методы супрааортального эндодебранчинга, это имплантация браншированных эндопротезов, фенестрированных графтов и различных методов параллельного эндопротезирования (“дымоход” (chimney), “перископ” (periscope) и сэндвич (sandwich)) (20, 21).

Нами впервые в госпиталях Минобороны РФ выполнено тотальное эндопротезирование дуги аорты у раненого с формированием посттравматической аневризмы дуги аорты и ее ветвей с использованием технологии 3D-печати (для более четкого представления в выполнении фенестраций в грудном стент-графте).

Для точного определения и измерения анатомических параметров пациента по изображениям МСКТ-ангиографии использовалась рабочая станция для визуализации сосудов. Операция выполнялась в гибридной

операционной. В состав оперирующей бригады входили: кардиохирурги, сосудистые хирурги, рентгенэндоваскулярные хирурги, анестезиологи-реаниматологи, бригада перфузиологов в режиме ожидания.

### Клиническое наблюдение

Пациент доставлен с передовой, пройдя этапы оказания первой медицинской помощи, выполнены: трахеостомия, интенсивная поликомпонентная консервативная терапия, антибактериальная терапия. Диагноз: минно-взрывное ранение, осколочное слепое ранение шеи, проникающее в грудную клетку, с повреждением дуги аорты, гемоперикард без угрозы тампонады сердца, инородное тело (осколок) дуги аорты, осколочное ранение верхнего века правого глаза, акутравма слева, состояние после трахеостомии. Санитарной авиацией был доставлен в ФГБУ “НМИЦ им. А.А. Вишневого” Минобороны России в состоянии искусственной комы из-за тяжелых сочетанных повреждений.

Тяжесть обусловлена характером полученного ранения, неврологическим дефицитом, дыхательной недостаточностью. Выполнены лабораторные и инструментальные исследования. При МСКТ-ангиографии выявили посттравматическую псевдоаневризму задней стенки дуги аорты размерами 9 × 8 × 6 мм, шейка 5 × 5 мм с прилеганием инородного тела металлической плотности 9 × 8 мм и псевдоаневризму устья левой общей сонной артерии 25 × 22 × 29 мм. ЭхоКГ без особенностей. При эзофагогастроуденоскопии определяются язвенные дефекты слизистой верхней трети пищевода. Выполнено ультразвуковое исследование брюшной полости, почек и таза, без патологий. Данные объективного осмотра: в области шеи над яремной вырезкой в области трахеостомической трубки входное слепое осколочное ранение размерами 2,0 × 0,5 см. При поступлении состояние больного тяжелое: 19 баллов (риск смерти составляет 32,2%) по шкале APACHE II<sup>2</sup> (22).

На 3-и сутки раненый был выведен из искусственной комы, затем трахея экстубирована. Учитывая тяжесть состояния пациента, консилиум специалистов госпиталя в составе кардиохирурга, сосудистого хирурга, рентгенэндоваскулярного хирурга, кардиолога, анестезиолога-реаниматолога рекомендовал проведение миниинвазивного эндоваскулярного лечения

<sup>1</sup> Дебранчинг (от англ. *debranching* – переключение) – протезирование или шунтирование ветвей дуги аорты с целью их переключения и освобождения необходимого участка аорты для дальнейшего стентирования.

<sup>2</sup> APACHE II – Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (система классификации острых функциональных и хронических изменений в состоянии здоровья).





**Рис. 1. а** – 3D-моделирование дуги аорты (МСКТ); **б** – 3D-макет дуги аорты в натуральную величину.

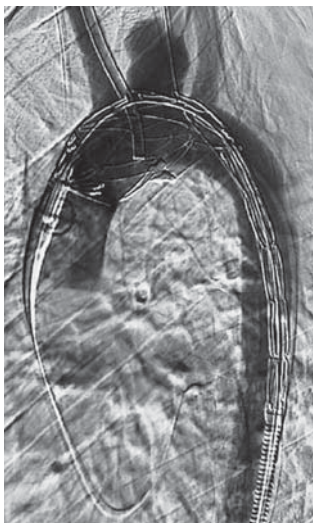
раненого с имплантацией фенестрированного эндографта в дугу аорты с тотальным эндоваскулярным дебринингом ветвей дуги аорты стент-графтами. На этапе подготовки к операции были выполнены тонкосрезовая МСКТ-ангиография с длиной шага 0,6 мм, 3D-моделирование сегмента аорты (рис. 1а) и 3D-печать грудного отдела аорты с трифуркацией магистральных артерий головы в натуральную величину (рис. 1б).

#### Техника операции

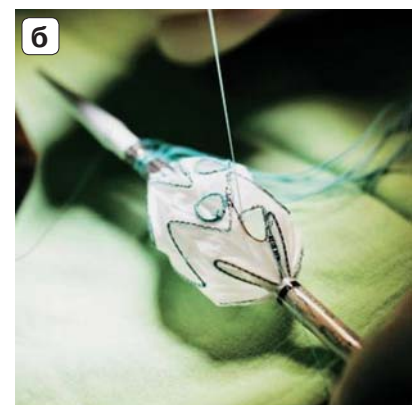
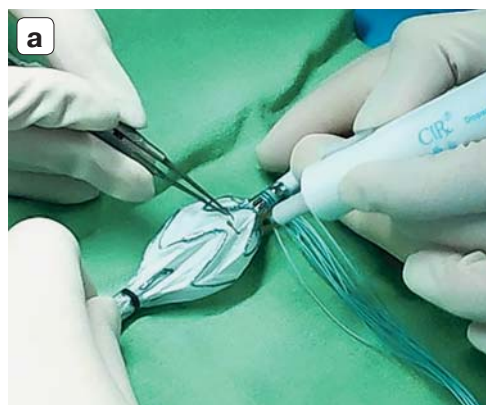
В условиях гибридной операционной и под общим наркозом сосудистыми хирургами были выполнены открытые доступы: к ЛОСА и общей бедренной артерии справа, эндоваскулярными хирургами выполнены чрескожные доступы к плечевой артерии справа и общей бедренной артерии слева. Интраартериально ввели нефракционированный гепарин в дозе 100 мкг/кг.

По оригинальной методике последовательно выполнена аортография (рис. 2), фенестрация грудного стент-графта по измеренным на МСКТ-ангиограмме размерам и ранее заготовленному 3D-макету аорты. Эндографт частично был извлечен из системы доставки и обжат нитями. Фенестрации прожигались электрокоагулятором и прошивались нерассасывающимися атравматичными нитями с вшитыми рентгеноконтрастными кончиками от коронарного проводника 0,014 дюйма для укрепления и визуализации фенестрированных отверстий (рис. 3а, б).

Далее выполнялось поэтапное стентирование стент-графтов: дуга аорты, брахиоцефальный ствол, левая общая сонная артерия и подключичная артерия с последующей постдилатацией баллонными катетерами, соответствующими диаметрам артерий. При контрольной аортографии получен оптимальный ангиографический



**Рис. 2.** Исходная аортограмма.



**Рис. 3.** Фенестрация грудного эндопротеза. **а** – этап выполнения фенестрации эндопротеза коагулятором; **б** – прошивание фенестрированных отверстий эндографта.





**Рис. 4.** Контрольная аортограмма.



**Рис. 5.** МСКТ дуги аорты с имплантированным эндопротезом дуги аорты и стент-графтами ее ветвей.

результат, просвет аорты и ее ветвей восстановлен, ложные аневризмы при контрольной ангиографии – “выключены” из кровотока (рис. 4). Инструменты удаляются, артериальные доступы и раны ушиваются хирургическим путем и наложением асептических давящих повязок. Послеоперационный период протекал без каких-либо осложнений. Через месяц пациенту выполнена контрольная МСКТ (рис. 5).

## Обсуждение

Повреждения аорты в более чем 80% приводят к летальному исходу. В мирное время причиной повреждения аорты является дорожно-транспортное происшествие (23), в военное время – проникающие огнестрельные или колото-резаные ранения. В нашем наблюдении ложные аневризмы сформировались вследствие образования “временной пульсирующей полости” от осколочного снаряда, во время которого аорта и ее ветви располагалась рядом с траекторией полета осколочного снаряда, сместились и перерастянулись, что привело к разрывам их внутренней оболочки и эластичных волокон. Немаловажную роль в этом сыграл “гидродинамический удар ранящего снаряда”, в результате которого сформировалась зона “молекулярного сотрясения” (по образному выражению Н.И. Пирогова).

Нами для оперативного лечения травматической аневризмы дуги аорты раненого был выбран эндоваскулярный метод. При сопоставимости непосредственных результатов предполагаемый метод является современным, доступным и эффективным инструментом в лечении сложных пациентов не только с аневризмами и расслоениями аорты, но и при травматическом повреждении аорты, особенно в случаях высокого хирургического риска и тяжелом состоянии пострадавшего при развитии жизнеугрожающих осложнений. При полном эндоваскулярном лечении дуги аорты и эндоваскулярном дебрининге ее ветвей сохраняется перфузия всех ветвей дуги аорты, кровоснабжающих головной мозг и верхние конечности, снижаются риски нарушений мозгового кровоснабжения, развития параплегий, ишемии верхних конечностей. По сравнению с открытыми вмешательствами исключается необходимость пережатия сонных артерий, исключая тем самым риски эмболических повреждений головного мозга и развития на этом фоне необратимых неврологических осложнений. По нашему мнению, данный метод является более безопасной альтернативой открытой операции, хотя в мировой литературе нет данных, сравнивающих открытое и эндоваскулярное лечение дуги аорты у сопоставимых пациентов; имеются данные по эндоваскулярному лечению дуги аорты у тяжелых пациентов, они показывают обнадеживающие результаты (24).

Перед операцией для точного измерения дуги аорты использовалась рабочая станция для визуализации сосудов и их моделирования, а также выполнялась 3D-печать дуги аорты для упрощения процесса выполнения фенестрации и точного позиционирования изготовленного эндопротеза. Печать на 3D-принтере была выполнена в научно-исследовательской лаборатории искусственных органов научно-исследовательского отдела (медико-биологических исследований) Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова Минобороны России (Санкт-Петербург). Необходимо отметить, что 3D-печать в кардиохирургии позволила производить предоперационное планирование, тестирование имплантируемого грудного стент-графта, моделирование гемодинамики и др. Анализ литературы демонстрирует экспоненциальный рост числа публикаций, посвященных 3D-печати начиная с 2010 г. (25).

## Заключение

Следует подчеркнуть, что эндопротезирование дуги аорты с применением супра-

аортального эндодебринга является альтернативным и эффективным методом лечения пациентов с патологией грудной аорты, у которых невозможно выполнение протезирования с использованием искусственного кровообращения. Благодаря этому подходу нам удалось избежать необходимости проведения открытой операции на аорте, что снизило риски и способствовало более быстрому периоду реабилитации и восстановления пациента. На следующий день пациент уже мог передвигаться самостоятельно, что свидетельствует о минимальной инвазивности и эффективности процедуры, без каких-либо неврологических осложнений. Пострадавший вернулся к нормальной жизни без значительных ограничений, что является свидетельством успеха эндоваскулярного подхода.

Применение эндоваскулярных методов с применением 3D-печати для лечения сердечно-сосудистой системы открывает новые возможности в оказании высокоспециализированной кардиохирургической помощи при сочетанной боевой хирургической травме.

## Brief abstract

This article presents a clinical case of successful aortic arch replacement, as a result of shrapnel injury, using a fenestrated stent graft. Using the original technique, the following were performed sequentially: fenestration of the thoracic stent graft (according to MSCT angiography and 3D model of the aorta), and subsequent stenting of the main arteries of the head with stent grafts. The problem of treating gunshot and mine-explosive wounds of the aorta occupies one of the first places in military field surgery. This is primarily due to the modernization and improvement of traditional weapons and the widespread use of explosive devices, which contributes to an increase in the number of injuries, both in peacetime and in wartime. Performing hybrid endovascular intervention in patients of this group is currently a promising, low-traumatic method of treatment.

## Introduction

Penetrating chest wounds are characterized by a particular severity of the disease. The main causes of death in combat trauma to the chest are bleeding from damaged vessels of the me-

diastinum and the root of the lung in 20%, bleeding from areas of combined injury in 28%, and cardiac injury in 22% (1).

According to Bisenkov L.N. (2000), as well as other authors, most penetrating gunshot wounds of the chest are accompanied by acute massive blood loss and shock (Voinovsky E.A., 2011; Zhestkov K.G., 2013). With a combined gunshot wound, the patient's condition is further aggravated. So, according to Bryusov P.G. (2010), with thoracoabdominal wounds, mortality in Afghanistan reached 42%, in Chechnya – 33%. For the prognosis of chest injury and the organization of treatment, the nature of the wound, the type of wounding projectile, the direction of the wound channel, and combined damage to another area are important (2).

Improving the quality of medical care at the stages of evacuation of the wounded and reducing the time of delivery to central hospitals (third level), the introduction of new technologies, including vascular endoprosthesis, contribute to a radical solution to the problem of combat injuries to the vascular system in the wounded.

For the first time in the world, the installation of a vascular endoprosthesis (stent graft) was

performed in 1985 by the Soviet surgeon Nikolai Leontievich Volodos and since then has become firmly established in everyday medical practice (3, 4).

However, it was generally accepted that the priority of this technology belonged to Argentine scientists from the Institute of Cardiovascular Surgery of Buenos Aires Juan C. Parodi and his colleagues Julio C. Palmaz and Héctor D. Barone [5]. In 1994, at the VII International Congress on Endovascular Interventions (February 13–17, 1994; Phoenix, Arizona), the priority of N.L. Volodos was confirmed (4, 6, 7). Frank J. Criado (2012), head of the department of vascular surgery at the Memorial Hospital in Baltimore (Maryland, USA), wrote that “armed with the above knowledge, it would be difficult not to proclaim Nikolai Volodos a giant of historical proportions in vascular and endovascular surgery and the father of endovascular plastics” (4).

Over the past decades, endovascular surgery has taken a strong place in the treatment of vascular diseases and injuries (8). Aortic endoprosthetics is the main method of surgery for damage to the descending thoracic aorta (9), and the treatment of damage to the aortic arch remains open surgery (10).

With the development of endovascular techniques, the indications for endovascular repair of the thoracic aorta (Thoracic EndoVascular Aortic Repair [TEVAR]) are constantly expanding. Currently, endovascular treatment of the aortic arch is performed in elderly patients and patients with severe comorbidities, who have a high risk of mortality and neurological complications during open aortic arch replacement (11, 12). So, according to Imaev T.E. and co-authors (2021), the main reasons for refusing traditional prosthetics were chronic kidney disease (22.5%), chronic obstructive pulmonary disease (11%), acute cerebrovascular accident within the last 6 months (15%). And even with the correct selection of patients for endovascular replacement of the aortic arch, complications may develop. Thus, out of 45 patients who underwent reconstruction of aortic branches, the following complications associated with the intervention developed: 3 (11%) cases of acute cerebrovascular accident, 2 (7.4%) occlusion of aortic branches and 1 (3.7%) endoleak II type. In-hospital and 30-day mortality rates were 3.7 and 7.4%, respectively.

When reconstructing the descending thoracic aorta, endoprosthesis replacement becomes the method of choice for many planned

and most emergency cases (9). For pathology of the aortic arch, the “gold standard” remains traditional prosthetics using artificial circulation, which is often associated with significant mortality and the incidence of strokes, which is often the reason for refusal of surgical treatment (13–15).

Recently, there has been increasing interest in endovascular and hybrid methods of correction of aneurysms of the aortic arch and its branches (16), traumatic injuries of the aorta, including polytrauma (17, 18).

Hybrid restoration of the aortic arch includes endoprosthetics with debranching<sup>1</sup> of the branches of the aortic arch. For the first time, the technique of aortic arch debranching (brachiocephalic debranching) was developed by Dutch scientists J. Buth et al., in 1997 (Department of Vascular Surgery, Katharina Hospital, Eindhoven, the Netherlands). Debranching of the abdominal aorta (visceral debranching) for thoracoabdominal aortic aneurysm was first performed by Quinones-Baldrich and his colleagues from the Department of Vascular Surgery at the University of California (Los Angeles, USA) in 1999. To perform endoprosthetics of various parts of the thoracic aorta, the American scientist Mitchell et al. An anatomical classification based on the zones of fixation of the endoprosthesis was developed (19).

The need for debranching of the brachiocephalic branches arises if the stent is located in the arch, blocking the mouths of its main branches. In this case, the first step before stenting is an operation to create a “landing zone” by switching the branches of the aortic arch. In total endovascular replacement of the aortic arch, various methods of supra-aortic endodebranching are used, these are the implantation of branched endoprostheses, fenestrated grafts and various methods of parallel endoprosthesis (“chimney”, “periscope”, and “sandwich”) (20, 21).

We, for the first time in hospitals of the Ministry of Defense of the Russian Federation, performed total endoprosthetics of the aortic arch in a wounded person with the formation of a post-traumatic aneurysm of the aortic arch and its branches, using 3D printing technology (to perform fenestration in a thoracic stent graft).

<sup>1</sup> Debranching (switching) – prosthetics or shunting of the branches of the aortic arch in order to switch them and free up the required area of the aorta for further stenting.

To accurately determine and measure the patient's anatomical parameters from MSCT angiography images, a vascular imaging workstation was used. The operation was performed in a hybrid operating room. The operating team included: cardiac surgeons, vascular surgeons, X-ray endovascular surgeons, anesthesiologists and resuscitators, and a team of perfusionists on standby.

### Clinical observation

The wounded soldier was taken from the front line to a separate medical battalion, where he was given first aid, a tracheostomy was performed, intensive multicomponent conservative therapy, and antibacterial therapy were carried out. Diagnosed with: mine explosion wound, shrapnel blind wound of the neck penetrating the chest, with damage to the aortic arch, hemopericardium without the threat of cardiac tamponade, foreign body (fragment) of the aortic arch, shrapnel wound of the upper eyelid of the right eye, acutrauma on the left, condition after tracheostomy. He was transported by air ambulance to the hospital in a state of artificial coma due to severe combined injuries.

The severity is determined by the nature of the injury, neurological deficit, and respiratory failure. Laboratory and instrumental studies were performed. Multislice computed tomography with angiography (MSCT angiography) revealed a post-traumatic pseudoaneurysm of the posterior wall of the aortic arch  $9 \times 8 \times 6$  mm, a neck  $5 \times 5$  mm with an adjacent foreign body of metal density  $9 \times 8$  mm and a pseudoaneurysm of the ostium of the left common carotid artery (ICCA)  $25 \times 22 \times 29$  mm. On echocardiography without any features. Esophagogastroduodenoscopy reveals ulcerative defects in the mucous membrane of the upper third of the esophagus. An ultrasound examination of the abdominal cavity, kidneys and pelvis was performed, without pathologies. Objective examination data in the neck area above the jugular notch in the area of the tracheostomy tube: entrance blind fragmentation wound measuring  $2.0 \times 0.5$  cm. Upon admission, the patient's condition was severe: 19 points (risk of death is 32.2%) on the APACHE II scale<sup>2</sup> (22).

<sup>2</sup> APACHE II – Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (system for classifying acute functional and chronic changes in health status).

On the third day, the wounded man was brought out of an induced coma, then the trachea was extubated. Considering the severity of the patient's condition, a council of hospital specialists consisting of a cardiac surgeon, a vascular surgeon, an X-ray endovascular surgeon, a cardiologist, and an anesthesiologist-resuscitator recommended minimally invasive endovascular treatment of the wounded person with implantation of a fenestrated endograft into the aortic arch with total endovascular debranching of the branches of the aortic arch with stent grafts. At the stage of preparation for the operation, thin-section MSCT angiography was performed with a step length of 0.6 mm, 3D modeling of the aortic segment (Fig. 1a) and 3D printing of the thoracic aorta with trifurcation of the main arteries of the head in full size (Fig. 1b).

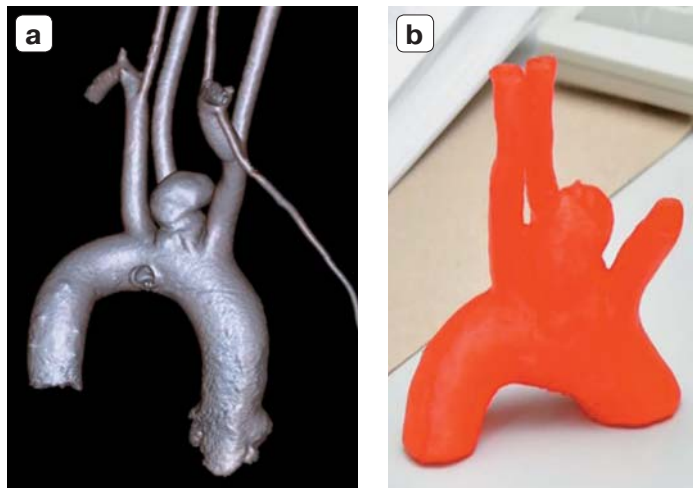
### Operation technique

The operation was performed under general anesthesia in a hybrid operating room. Cardiovascular surgeons performed open approaches: to the LCA and the common femoral artery on the right; endovascular surgeons performed percutaneous access to the brachial artery on the right and the common femoral artery on the left. Unfractionated heparin was administered intraarterially at a dose of 100 µg/kg.

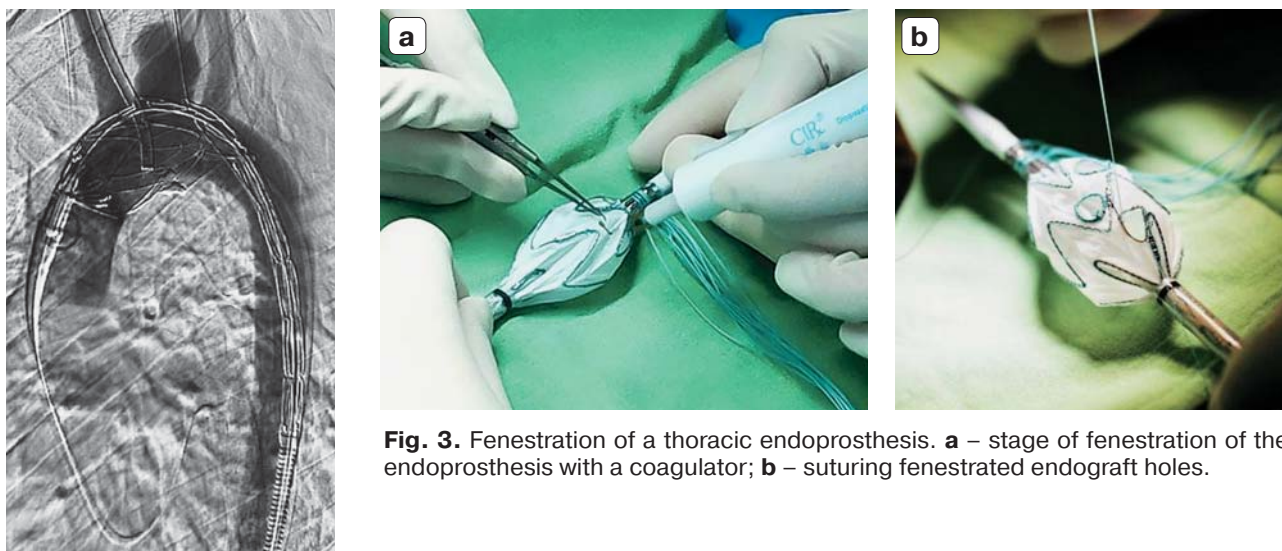
According to the original method, the following was sequentially performed: aortography (Fig. 2), fenestration of the thoracic stent graft, according to the dimensions measured on MSCT angiography and a previously prepared 3D model of the aorta. The endograft is partially removed from the delivery system. The fenestrations were burned with an electrocoagulator and stitched with non-absorbable atraumatic sutures with sewn-in radiopaque tips from a 0.014-inch coronary guidewire to strengthen and visualize the fenestrated openings (Fig. 3 a, b).

Next, step-by-step stenting of stent grafts: aortic arch, BCT, ICCA and ISA, followed by post-dilatation with balloon catheters corresponding to the diameters of the arteries. On the control aortography, an optimal angiographic result was obtained, the lumen of the aorta and its branches was restored, false aneurysms on the control angiography were "switched off" from the bloodstream (Fig. 4). The instruments are removed, arterial access and wounds are sutured surgically and by applying aseptic pressure bandages. The postoperative period proceeded without any complications. A month later, the patient underwent a control MSCT (Fig. 5).

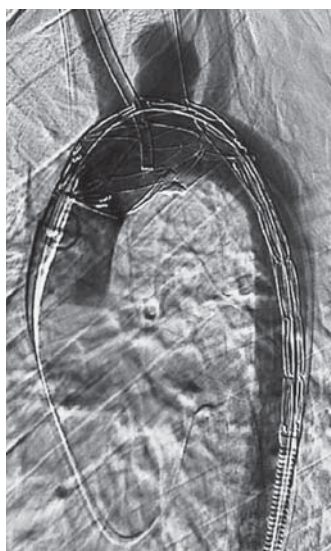




**Fig. 1.** **a** – 3D modeling of the aortic arch (MSCT); **b** – Life-size 3D model of the aortic arch.



**Fig. 3.** Fenestration of a thoracic endoprosthesis. **a** – stage of fenestration of the endoprosthesis with a coagulator; **b** – suturing fenestrated endograft holes.



**Fig. 2.** Initial aortography.



**Fig. 4.** Control aortography.



**Fig. 5.** MSCT of the aortic arch with an implanted endoprosthesis of the aortic arch and stent grafts of its branches.

## Discussion

Acute injuries to the aorta lead to death in 80–90% of cases. In peacetime, the cause of aortic damage is a road traffic accident (23), in wartime – penetrating gunshot or stab wounds. In our observation, false aneurysms were formed due to the formation of a “temporary pulsating cavity” from a fragmentation projectile, during which the aorta and its branches were located near the flight path of the fragment, shifted and overstretched, which led to ruptures of their internal membrane and elastic fibers. An important role in this was played by the “hydrodynamic impact of the wounding projectile”, as a result of which a zone of “molecular shaking” was formed (in the figurative expression of N.I. Pirogov).

We chose the endovascular method for the surgical treatment of a traumatic aortic arch aneurysm in a wounded person. If the immediate results are comparable, the proposed method is a modern, accessible and effective tool in the treatment of complex patients, not only with aneurysms and aortic dissections, but also with traumatic injury to the aorta, especially in cases of high surgical risk and the serious condition of the victim with the development of life-threatening complications. With complete endovascular treatment of the aortic arch and endovascular debranching of its branches, perfusion of all branches of the aortic arch that supply blood to the brain and upper extremities is maintained, and the risks of cerebral blood supply disorders, the development of paraplegia, and ischemia of the upper extremities are reduced. Compared to open interventions, the need to clamp the carotid arteries is eliminated, thereby eliminating the risks of embolic damage to the brain and the development of irreversible neurological complications against this background. In our opinion, this method is a safer alternative to open surgery, although there is no data in the world literature comparing open and endovascular treatment of the aortic arch in comparable patients; There

are data on endovascular treatment of the aortic arch in severe patients; they show encouraging results (24).

Before surgery, a vascular imaging and modeling workstation was used to accurately measure the aortic arch, and 3D printing of the aortic arch was performed to simplify the fenestration process and accurately position the manufactured endoprosthesis. Printing on a 3D printer was carried out in the research laboratory of artificial organs of the research department (medical and biological research) of the Military Medical Academy named after S.M. Kirov Ministry of Defense of Russia (St. Petersburg). It should be noted that 3D printing in cardiac surgery has made it possible to perform preoperative planning, testing of an implantable chest stent graft, hemodynamic modeling, etc. Analysis of the literature demonstrates an exponential increase in the number of publications devoted to 3D printing since 2010 (25).

## Conclusions

In conclusion, it should be emphasized that endoprosthesis replacement of the aortic arch using supra-aortic endodebranching is an effective and alternative method of treating patients with pathology of the thoracic aorta, who for one reason or another cannot be candidates for traditional replacement using artificial circulation. Thanks to this approach, we avoided the need for open aortic surgery, which reduced risks and contributed to a faster recovery for the patient. The next day, the patient was able to move independently, which indicates the minimal invasiveness and effectiveness of the procedure, without any neurological complications. The patient returned to normal life without significant limitations, demonstrating the success of the endovascular approach.

The use of endovascular methods using 3D printing for the treatment of the cardiovascular system opens up new opportunities in the provision of highly specialized cardiac surgical care for combined combat surgical trauma.



## Список литературы [References]

- Ивченко Д.Р. Хирургическое лечение сочетанных огнестрельных проникающих ранений груди при проведении контртеррористических операций: Дис. ... д-ра мед. наук. М., 2020. 214 с.  
Ivchenko D.R. Surgical treatment of combined gunshot penetrating chest wounds during antiterrorist operations: Doctoral Thesis (med.). Moscow, 2020. 214 p. (In Russian)
- Ивченко Д.Р. Хирургия ранений груди. М., 2024. 224 с.  
Ivchenko D.R. Surgery for chest wounds. Moscow, 2024. 224 p. (In Russian)
- Володось Н.Л., Шеханин В.Е., Карпович И.П. и др. Самофиксирующийся синтетический протез для эндопротезирования сосудов. *Вестник хирургии*. 1986, 137 (11), 123–125. PMID: 3824776  
Volodosa N.L., Shekhanin V.E., Karoivich I.P., et al. Self-fixing synthetic graft for vascular stent-grafting. *Vestnik khirurgii (Bulletin of Surgery)*. 1986, 137 (11), 123–125. PMID: 3824776 (In Russian)
- Criado F.J. A brief history of the endovascular revolution and how it transformed vascular surgery and my life. *J. Cardiovasc. Surg. (Torino)*. 2022, 63 (4), 439–444. <https://doi.org/10.23736/S0021-9509.22.12351-7>
- Parodi J.C., Palmaz J.C., Barone H.D. Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysms. *Ann. Vasc. Surg.* 1991, 5 (6), 491–499. <https://doi.org/10.1007/BF02015271>
- Volodos N.L., Karpovich I.P., Troyan V.I. et al. International Congress VII. Endovascular interventions. On the cutting edge. Transfemoral endovascular grafting of the aortoiliac segment with the bifurcated selffixing synthetic endoprosthesis. Presented at the International Congress VII on Endovascular Interventions; February 13–17, 1994, Phoenix, AZ. Abstract published in *J. Interv. Cardiol.* 1994. 7. 88.
- Покровский А.В., Глянцев С.П. Избранные страницы истории сосудистой хирургии в России. *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2014, 20 (2), 10–20.  
Pokrovsky A.V., Glyantsev S.P. Selected pages of history of vascular surgery in Russia (contribution of russian surgeons to world vascular surgery). *Angiology and Vascular Surgery*. 2014, 20 (2), 10–20. (In Russian)
- Рева В.А. Травмы и ранения кровеносных сосудов: открытые, эндоваскулярные и гибридные методы лечения: Дис. ... д-ра мед. наук. М., 2021. 483 с.  
Reva V.A. Vascular trauma and wounds: open, endovascular and hybrid methods of treatment. Doctoral thesis (Med). Moscow, 2021. 483 p. (In Russian)
- Matsumura J.S., Melissano G., Cambria R.P. et al. Clinical Trial Investigators. Five-year results of thoracic endovascular aortic repair with the Zenith TX2. *J. Vasc. Surg.* 2014, 60 (1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2014.01.043>
- Khullar V., Schaff H.V., Dearani J.A. et al. Open Surgical Repair Remains the Gold Standard for Treating Aortic Arch. *Pathology. Ann. Thorac. Surg.* 2017, 103 (5), 1413–1420. <https://doi.org/10.1016.j.athoracsur.2016.08.064>
- Имаев Т.Э., Саличкин Д.В., Комлев А.Е., Колегаев А.С., Кучин И.В., Лепилин П.М., Трипотень М.И., Федотенков И.С., Балахонова Т.В., Акчурин Р.С. Эндоваскулярное протезирование дуги аорты. *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2021, 27 (3), 34–45. <https://doi.org/10.33529/ANGIO2021303>
- Имаев Т.Э., Саличкин Д.В., Комлев А.Е. et al. Endovascular repair of the aorti arch. *Angiology and Vascular Surgery*. 2021, 27 (3), 34–45. <https://doi.org/10.33529/ANGIO2021303> (In Russian)
- Waterford S.D., Ghoreishi M., Toursavadkoshi S., Taylor B.S. The 10 Commandments of Aortic Arch Endovascular Repair. *Innovations*. 2022, 17 (4), 266–272.
- Cao P., De Rango P., Czerny M. et al. Systematic review of clinical outcomes in hybrid procedures for aortic arch dissections and other arch diseases. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2012, 144 (6), 1286–1300, 1300.e1–2. <https://doi.org/10.1016.j.jtcvs.2012.06.013>
- Moulakakis K.G., Mylonas S.N., Markatis F. et al. A systematic review and meta-analysis of hybrid aortic arch replacement. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2013, 2 (3), 247–260. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2013.05.06>
- Kurazumi H., Mikamo A., Kudo T. et al. Aortic arch surgery in octogenarians: is it justified? *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2014, 46 (4), 672–677. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezu056>
- Акчурин Р.С., Имаев Т.Э., Комлев А.Е., Саличкин Д.В. Варианты дебрэнчинга дуги аорты при гибридных хирургических вмешательствах. *Клиническая физиология кровообращения*. 2016, 13 (2), 102–107.  
Akchurin R.S., Imaev T.E., Komlev A.E., Salichkin D.V. Aortic arch debranching options in hybrid surgical interventions. *Klinicheskaya Fiziologiya Krovoobrashcheniya = Clinical Physiology of Circulation, Russian Journal*. 2016, 13 (2), 102–107. (In Russian)
- Самохвалов И.М., Петров А.Н., Ерофеев А.А., Шишкевич А.Н., Рудь А.А., Васильев М.А., Борисов М.Б., Бобровский Н.Г., Недомолкин С.В., Алексеев К.Н., Рева В.А. Имплантация стент-графта по поводу разрыва грудной аорты при политравме. *Вестник хирургии имени И.И. Грекова*. 2013, 172 (5), 101–107. <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2013-172-5-101-107>  
Samokhvalov I.M., Petrov A.N., Erofeev A.A., et al. Implantation of stentgraft because of aorta rupture in polytrauma. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2013, 172 (5), 101–107. <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2013-172-5-101-107> (In Russian)
- Ott M.C., Stewart T.C., Lawlor D.K. et al. Management of blunt thoracic aortic injuries: endovascular stents versus open repair. *J. Trauma*. 2004, 56 (3), 565–570. <https://doi.org/10.1097/01.ta.0000114061.69699.a3>
- Mitchell R.S., Ishimaru S., Ehrlich M.P. et al. First International Summit on Thoracic Aortic Endografting: roundtable on thoracic aortic dissection as an indication for endografting. *J. Endovasc. Ther.* 2002, 9 (Suppl. 2), II, 98–105. PMID: 12166849 <https://doi.org/10.1177/15266028020090S216>
- Абросимов А.А., Яменсков В.В., Батрашов В.А., Марынич А.А. Современное состояние эндоваскулярной хирургии аневризмы брюшной аорты. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2023, 18 (2), 100–108. <https://doi.org/10.25881/20728255-2023-18-2-100>  
Abrosimov A.A., Yamenskov V.V., Batrashov V.A., Marynich A.A. Current state of endovascular surgery of abdominal aortic aneurysm Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center. 2023, 18 (2), 100–108. <https://doi.org/10.25881/20728255-2023-18-2-100> (In Russian)

21. Kansagra K., Kang J., Taon M.C. et al. Advanced endografting techniques: snorkels, chimneys, periscopes, fenestrations, and branched endografts. *Cardiovasc. Diagn. Ther.* 2018, 8 (Suppl. 1), S175–S183. <https://doi.org/10.21037/cdt.2017.08.17>
22. Knaus W.A., Zimmerman J.E., Wagner D.P. et al. APACHE-acute physiology and chronic health evaluation: a physiologically based classification system. *Crit. Care Med.* 1981, 9 (8), 591–597. <https://doi.org/10.1097/00003246-198108000-00008>
23. Stefanopoulos P.K., Piniolidis D.E., Hadjigeorgiou G.F., Filippakis K.N. Wound ballistics 101: the mechanisms of soft tissue wounding by bullets. *Eur. J. Trauma Emerg. Surg.* 2017, 43, 579–586.
24. Ахмедов У.У., Шарафутдинов М.Р., Якубов Р.А., Садыков Р.З., Хайрутдинов А.И., Тарасов Ю.В., Мухаммадеев М.Ф. Полное эндопротезирование дуги аорты с применением техник фенестрации outside и in situ: первые результаты. *Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского.* 2022, 10 (4), 12–15. <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2022-10-4-12-15>
25. Кушнарев С.В., Железняк И.С., Кравчук В.Н., Рудь С.Д., Ширшин А.В., Меньков И.А., Романов Г.Г. Применение 3D-моделей сердца, созданных на основе DICOM-изображений, в медицинской практике. *Лучевая диагностика и терапия.* 2020, 11 (3), 7–13. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-3-7-13>
- Kushnarev S.V., Zheleznyak I.S., Kravchuk V.N. et al. A application of 3d heart models created on dicom data in medical practice. *Diagnostic Radiology and Radiotherapy.* 2020, 11 (3), 7–13. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-3-7-13> (In Russian)

## Сведения об авторах [Authors info]

**Иванов Александр Владимирович** – заведующий отделением РХМДЛ ФГБУ “НМИЦ ВМТ – Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневого” Минобороны России, Красногорск, Московская обл.; преподаватель кафедры рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы” Минобрнауки России; заведующий кафедрой рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения ФГБОУ ВО “Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3214-2375>

**Поляков Роман Сергеевич** – доктор мед. наук, профессор, главный научный сотрудник отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГНЦ ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9323-4003>

**Бакшеев Владимир Иванович** – доктор мед. наук, заслуженный врач Российской Федерации, ФГБУ “НМИЦ ВМТ – Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневого” Министерства обороны Российской Федерации, Красногорск, Московская обл. <https://orcid.org/0000-0001-7036-4473>

**Иванов Владимир Александрович** – доктор мед. наук, профессор, заслуженный врач РФ, полковник медицинской службы в отставке, филиал ФГБВОУ ВО “Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова” Министерства обороны Российской Федерации в г. Москве, Москва. <https://orcid.org/0000000333193294>

**Лищук Александр Николаевич** – доктор мед. наук, профессор, заслуженный врач РФ, начальник центра кардиохирургии ФГБУ “НМИЦ ВМТ – Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневого” Министерства обороны Российской Федерации, Красногорск, Московская обл. <https://orcid.org/0000-0003-0285-5486>

**Семёнов Михаил Евгеньевич** – канд. мед. наук, начальник кардиохирургической реанимации, анестезиолог-реаниматолог ФГБУ “НМИЦ ВМТ – Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневого” Министерства обороны Российской Федерации, Красногорск, Московская обл. <https://orcid.org/0000-0001-6367-7607>

**Колтунов Алексей Николаевич** – канд. мед. наук, начальник кардиохирургического отделения ФГБУ “НМИЦ ВМТ – Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневого” Министерства обороны Российской Федерации, Красногорск, Московская обл. <https://orcid.org/0000-0003-4331-4504>

**Шабает Рафаэль Маратович** – канд. мед. наук, врач отделения РХМДЛ ФГБУ “НМИЦ ВМТ – Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневого” Министерства обороны Российской Федерации, Красногорск, Московская обл. <https://orcid.org/0000-0003-9595-3028>. E-mail: [rafael.shabaev@yandex.ru](mailto:rafael.shabaev@yandex.ru)

**Алияров Ровшан Алмамедович** – врач отделения РХМДЛ ФГБУ “НМИЦ ВМТ – Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневого” Министерства обороны Российской Федерации, Красногорск, Московская обл. <https://orcid.org/0000-0001-8130-5145>

**Максанов Сергей Доржиевич** – врач отделения РХМДЛ ФГБУ “НМИЦ ВМТ – Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневого” Министерства обороны Российской Федерации, Красногорск, Московская обл. <https://orcid.org/0000-0001-7552-7032>

**Базанов Иван Сергеевич** – канд. мед. наук, врач ОРДЛ ГБУЗ города Москвы “Городская клиническая больница имени М.П. Кончаловского ДЗ города Москвы”, Москва. <https://org/0000-0003-1758-8704>

**Карамян Джульета Аргашесовна** – аспирант ГНЦ ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, Москва. <https://org/0000-0001-7803-4698>

**Кур-ипа Киазим Асланович** – аспирант ГНЦ ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, Москва. <https://org/0000-0002-2395-5999>

\* **Адрес для переписки:** Иванов Александр Владимирович – e-mail: [angioiva@mail.ru](mailto:angioiva@mail.ru)

**Alexander V. Ivanov** – Head of the endovascular methods of diagnosis and treatment department department, A.A. Vishnevsky Central Military Clinical Hospital of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Moscow region; Teacher of the Department of endovascular methods of diagnosis and treatment, People's Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba; Head of the Department of endovascular methods of diagnosis and treatment, Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3214-2375>

**Roman S. Polyakov** – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher of the Department of X-ray Surgical Methods of Diagnostics and Treatment of the State Research Center of SSC FSBSI "B.V. Petrovsky Russian Research Center of Surgery" Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9323-4003>

**Vladimir I. Baksheev** – Doct. of Sci. (Med.), Honored Doctor of the Russian Federation, FSBI "National Medical Research Center of High Medical Technologies – A.A. Vishnevsky Central Military Clinical Hospital" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Moscow region. <https://orcid.org/0000-0001-7036-4473>

**Vladimir A. Ivanov** – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Honored Physician of the Russian Federation, retired Medical Colonel, Branch of the Kirov Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation in Moscow, Moscow. <https://orcid.org/00000003-33193294>

**Alexander N. Lishchuk** – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Head of the Center for Cardiac Surgery, FSBI "National Medical Research Center of High Medical Technologies – A.A. Vishnevsky Central Military Clinical Hospital" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Moscow region. <https://orcid.org/0000-0003-0285-5486>

**Mikhail E. Semenov** – Cand. of Sci. (Med.), Head of cardiac surgical resuscitation, anesthesiologist-resuscitator, FSBI "National Medical Research Center of High Medical Technologies – A.A. Vishnevsky Central Military Clinical Hospital" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Moscow region. <https://orcid.org/0000-0001-6367-7607>

**Alexey N. Koltunov** – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Cardiac Surgery Department, FSBI "National Medical Research Center of High Medical Technologies – A.A. Vishnevsky Central Military Clinical Hospital" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Moscow region. <https://orcid.org/0000-0003-4331-4504>

**Rafael M. Shabaev** – Cand. of Sci. (Med.), doctor of the endovascular methods of diagnosis and treatment department department, FSBI "National Medical Research Center of High Medical Technologies – A.A. Vishnevsky Central Military Clinical Hospital" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Moscow region. <https://orcid.org/0000-0003-9595-3028>. E-mail: rafael.shabaev@yandex.ru

**Rovshan A. Aliyarov** – doctor of the endovascular methods of diagnosis and treatment department department, FSBI "National Medical Research Center of High Medical Technologies – A.A. Vishnevsky Central Military Clinical Hospital" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Moscow region. <https://orcid.org/0000-0001-8130-5145>

**Sergey D. Maksanov** – doctor of the endovascular methods of diagnosis and treatment department department, FSBI "National Medical Research Center of High Medical Technologies – A.A. Vishnevsky Central Military Clinical Hospital" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Moscow region. <https://orcid.org/0000-0001-7552-7032>

**Ivan S. Bazanov** – Cand. of Sci. (Med.), doctor of the ORD L M.P. Konchalovsky City Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://org/0000-0003-1758-8704>

**Julieta A. Karamyan** – graduate student, B.V. Petrovsky Russian Research Center of Surgery, Moscow. <https://org/0000-0001-7803-4698>

**Kiazim A. Kur-ipa** – postgraduate student, B.V. Petrovsky Russian Research Center of Surgery, Moscow. <https://org/0000-0002-2395-5999>

\* **Address for correspondence:** Alexander V. Ivanov – e-mail: [angioiva@mail.ru](mailto:angioiva@mail.ru)

**Статья получена** 18 ноября 2024 г.  
**Manuscript received** on November 18, 2024.

**Принята в печать** 10 января 2025 г.  
**Accepted for publication** on January 10, 2025.

ISSN 1727-818X (Print); ISSN 2587-6198 (Online)  
<https://doi.org/10.24835/1727-818X-79-23>

## Дистальный лучевой доступ. Локальные геморрагические осложнения, их профилактика и лечение

А.Л. Каледин

ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

*Впервые об использовании дистального лучевого доступа как первичного доступа для диагностических и лечебных процедур стало известно в 2014 г. Имеющиеся на сегодняшний день исследования свидетельствуют о клинической пользе данного доступа для хирурга и пациента, снижении количества местных геморрагических осложнений при катетеризации дистальной лучевой артерии. Однако, как показала практика, риск возникновения осложнений полностью не исключаются. В настоящей статье проведен анализ локальных геморрагических осложнений при катетеризации дистальной лучевой артерии, описаны профилактика и лечение этих осложнений.*

**Ключевые слова:** дистальная лучевая артерия; дистальный лучевой доступ; локальные геморрагические осложнения

**Для цитирования:** А.Л. Каледин. Дистальный лучевой доступ. Локальные геморрагические осложнения, их профилактика и лечение. *Международный журнал интервенционной кардиоангиологии*. 2024; 79 (4): 23–45. <https://doi.org/10.24835/1727-818X-79-23>

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Источники финансирования:** работа выполнена без спонсорской поддержки.

## Distal radial access. Local hemorrhagic complications, their prevention and treatment

A.L. Kaledin

I.I. Mechnikov NorthWestern State Medical University, SaintPetersburg, Russia

*The use of distal radial access as a primary access for diagnostic and therapeutic procedures was first discussed in 2014. The studies available today indicate the clinical benefits of this access for the surgeon and the patient, a decrease in the number of local hemorrhagic complications during catheterization of the distal radial artery. However, as practice has shown, the risk of complications is not completely excluded. This article analyzes local hemorrhagic complications during catheterization of the distal radial artery, prevention and treatment of these complications.*

**Keywords:** distal radial artery; distal radial access; local hemorrhagic complications

**For citation:** A.L. Kaledin. Distal radial access. Local hemorrhagic complications, their prevention and treatment. *International Journal of Interventional Cardioangiology*. 2024; 79 (4): 23–45. <https://doi.org/10.24835/1727-818X-79-23>

**Conflict of interest:** The authors declare that they have no conflict of interest.



### Сокращения

- ДЛЧА – дистальная лучевая артерия
- ДЛчД – дистальный лучевой доступ
- ЛЧА – лучевая артерия
- ПлЧА – проксимальная лучевая артерия

### Введение

Лучевая артерия кисти или, как ее принято называть, дистальная лучевая артерия (ДЛЧА), является естественным продолжением лучевой артерии (ЛЧА) предплечья. Поэтому для ДЛЧА свойственны те же преимущества и недостатки, что и для ЛЧА предплечья, за исключением некоторых анатомических особенностей, которые делают ДЛЧА оригинальной. Эти особенности способны снижать риски возникновения возможных осложнений, связанных с катетеризацией ЛЧА кисти (1–4). Однако, как показала практика, эти риски полностью не исключаются. Катетеризация ЛЧА кисти производится дистальнее ЛЧА предплечья, при этом не исключается риск повреждения ЛЧА как в месте пункции (на кисти), так и на предплечье. Такие повреждения могут быть следствием спазма ЛЧА, анатомических особенностей ЛЧА (извитость, кальциноз, малый диаметр и др.) и/или манипуляций инструментами в ЛЧА при эндоваскулярных процедурах.

На сегодняшний день нет классификации местных осложнений при катетеризации ДЛЧА. Основываясь почти на десятилетнем международном опыте использования дистального лучевого доступа (ДЛчД), предлагается следующая классификация доступобусловленных осложнений (рис. 1).

Каждое из этих осложнений имеет свою частоту возникновения и тактику лечения,

свой прогноз, свои методы профилактики (5, 6). Отдельно, в контексте осложнений, необходимо сказать о таком явлении, как спазм ЛЧА, возникающий при ее катетеризации и при манипуляциях в просвете артерии. Такая реакция ЛЧА может встречаться до 34% (5). Данное явление не стоит относить к разряду осложнений, поскольку является физиологическим ответом артерии на внешний раздражитель (7). Но тем не менее спазм может быть триггером возникновения осложнений артерии доступа. В данной статье будут рассмотрены локальные геморрагические осложнения, которые возникают при катетеризации артерии доступа, во время проведения эндоваскулярного вмешательства и гемостазе.

Геморрагическое осложнение при любом виде хирургического вмешательства – это серьезная проблема. Не является исключением и эндоваскулярная хирургия. Уменьшить частоту геморрагических осложнений при эндоваскулярных процедурах позволила смена трансфemorального доступа на лучевой доступ (8–10). Однако катетеризация ЛЧА предплечья полностью не обезопасила больного от возникновения геморрагических осложнений (5, 11, 12). Как показывает анализ исследований, местные геморрагические повреждения – нечастое осложнение, которое может возникать, как при дистальном доступе (до 9%), так и при проксимальном (до 27%). При этом нет абсолютного подтверждения, что дистальный доступ реже вызывает эти осложнения, чем проксимальный (13–19).

1. **Гематома.** Локальные гематомы имеют разную степень выраженности и классифицируются по шкале EASY (17) (рис. 2).

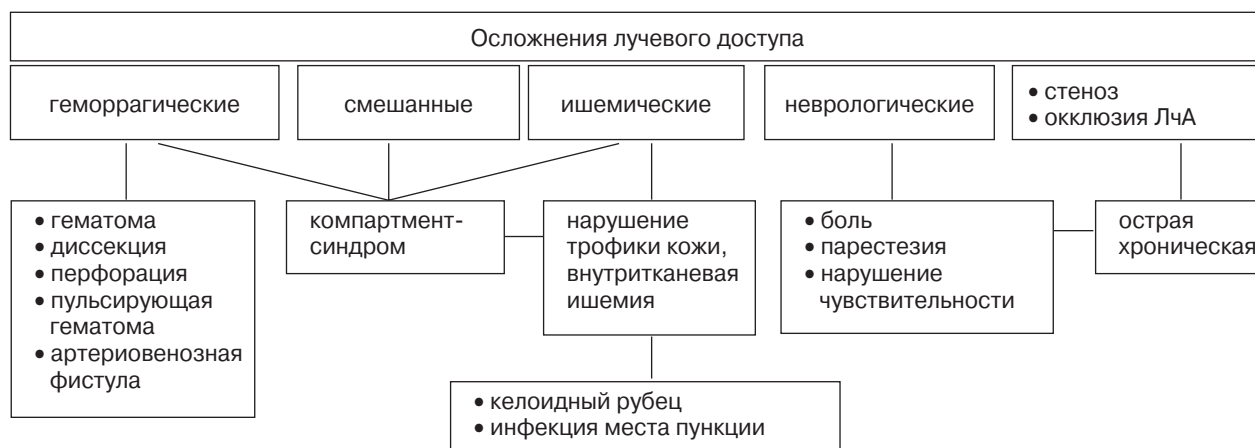


Рис. 1. Осложнения при пункции лучевой артерии.

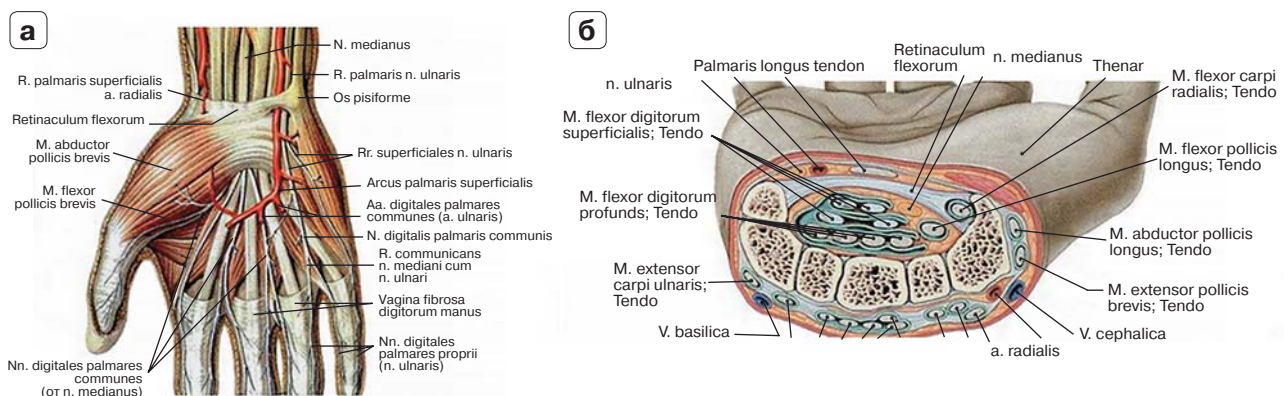


**Рис. 2.** Гематома кисти после дистального лучевого доступа. **а** – 1-е сутки после процедуры; **б** – на 15-е сутки после процедуры.

Значимой считается гематома площадью 15 см<sup>2</sup> и более (20). Независимо от того, что явилось причиной возникновения гематомы, в любом случае для этого требуется дефект стенки артерии. Кроме того, следует понимать, что источником гематомы может быть как место пункции (ЛчА кисти), так и ЛчА предплечья при ее повреждении в ходе эндоваскулярного вмешательства. Наиболее выраженным проявлением гематомы является компартмент-синдром. Гематома приводит к сдавлению окружающих тканей и возникновению вторично развивающейся ишемии ткани (21). Однако, в отличие от проксимального лучевого доступа, при дистальном доступе это редко (менее 0,01%) встречающееся осложнение (22, 23). Вероятно, что меньшая частота встречаемости компартмент-синдрома при ДЛчД и неповрежденной проксимальной лучевой артерии (ПЛчА), связана с особенностью анатомических структур кисти (кости и сухожилия), наиболее важным из которых является Retinaculum flexorum (рис. 3).

Опыт нашей клиники показывает, что основным в профилактике возникновения гематом являются оптимальная пункция ЛчА, эффективный гемостаз, контроль и наблюдение за рукой с использованием ультразвука или визуального ангиографического контроля как во время процедуры, так и по ее завершению.

Принцип лечения гематомы в нашей клинике основан на характере и степени повреждения. Небольшие по размеру (по шкале EASY I–II) неосложненные гематомы без повреждения стенки ЛчА подлежат консервативному лечению. Важным в этих случаях является контроль локального повреждения и выяснение причины развития гематомы. При увеличении размера гематомы применение ультразвукового исследования места повреждения помогает в верификации характера и степени повреждения. Кроме того, использование ультразвукового аппарата позволяет провести повторный гемостаз места пункции и области распространения гематомы. В случае ухудшения



**Рис. 3.** Анатомические структуры кисти.





**Рис. 4.** Консервативное лечение гематомы кисти (Streptocide powder) после дистального лучевого доступа (а); рубцевание раневой поверхности кисти (б). Собственные наблюдения.

ситуации, а это возникает при повреждении стенки артерии, может потребоваться хирургическое вмешательство либо эндоваскулярным методом, либо открытым хирургическим способом. Консервативное лечение включает в себя: тугое бинтование зоны гематомы, анальгетики, нестероидные противовоспалительные препараты, введение протамина. При инфицировании гематомы применяются антибиотики и обработка поверхности повреждения антисептическими препаратами, асептическая повязка (рис. 4).

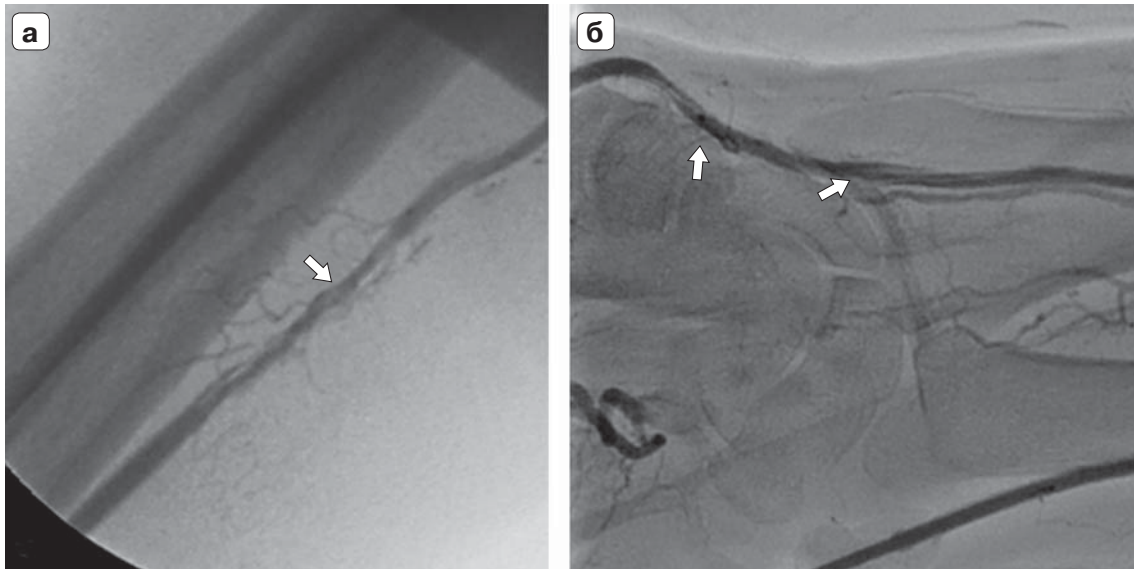
Хирургическое лечение требуется гематомам, которые сопровождаются повреждением стенки ЛЧА и/или компартмент-синдромом. Наиболее эффективный метод при такой патологии – фасциотомия, которая приводит к декомпрессии тканей, улучшению микроциркуляции и снижению ишемии тканей (24). Необходимо иметь в виду, что компартмент-синдром при ДЛЧД это чаще всего следствие повреждения ЛЧА предплечья, а не ЛЧА кисти, поскольку анатомические структуры в области лучезапястного сустава препятствуют распространению крови со стороны кисти в направлении предплечья. Поэтому необходимо верифицировать место повреждения стенки артерии и выполнить гемостаз этого места. Хирургическое лечение повреждения стенки артерии будет рассмотрено далее. Таким образом, гематомы при ДЛЧД можно классифицировать на два вида. Это гематомы, возникающие в месте пункции и связанные с дефектом гемостаза, а также гематомы, возникающие при повреждении стенки артерии, находящейся проксимальнее места пункции ЛЧА.

2. Другими видами геморрагических осложнений являются **диссекция, перфорация артерии и псевдоаневризма**. Можно предполагать, что эти осложнения имеют

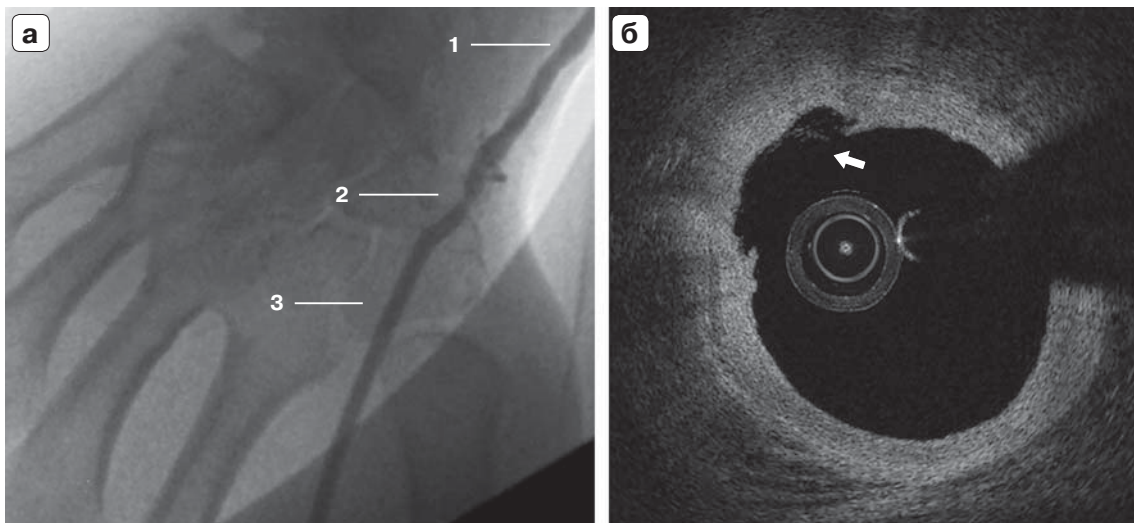
общий механизм возникновения с различной степенью повреждения стенки ЛЧА. Причиной этих осложнений является механическое повреждение стенки ЛЧА при манипуляции инструментами в просвете артерии. Повреждение стенки ЛЧА может возникать на предплечье, при проведении инструментов через просвет ЛЧА, а также в дистальном отделе в случае некорректной установки интродьюсера или несоответствия размеров интродьюсера и ЛЧА (рис. 5).

Следует отметить, что повреждения ДЛЧА после установки туда интродьюсера к окончанию эндоваскулярной процедуры могут отсутствовать. Но, как показывает опыт нашей клиники, в ряде случаев повреждения могут сохраняться, и чем они значительнее (дефект всех стенок артерии, разрыв артерии), тем выше риск их сохранения (рис. 6).

- Диссекция ЛЧА, как правило, имеет благоприятный исход и хороший ответ на консервативное лечение. Диссекция – результат воздействия инструментов на стенку артерии при проведении инструментов через ее просвет или несоответствие инструментов анатомическим характеристикам артерии. Последнее может возникать при некорректной установке интродьюсера в дистальном отделе ЛЧА. Отличительным свойством диссекции ЛЧА от других локальных геморрагических осложнений является отсутствие сквозного повреждения стенки. Диссекция может затрагивать внутренний и медиальный слои артерии, не повреждая наружную стенку артерии. Данный факт препятствует распространению крови в клетчатку, окружающую сосуд. Диссекция может варьировать по размеру и степени повреждения – от локальных небольшой величины до протяженных, лимитирующих кровотоки. Диссекция при дистальном доступе имеет благоприятный прогноз. Это



**Рис. 5.** Ангиограмма лучевой артерии предплечья. **а** – диссекция (стрелка) среднего отдела лучевой артерии; **б** – ангиограмма лучевой артерии кисти. Протяженная диссекция лучевой артерии на тыле кисти и в анатомической табакерке (указано стрелками) после неудачной катетеризации лучевой артерии на тыле кисти. Смена доступа на локтевую артерию. Собственные наблюдения.

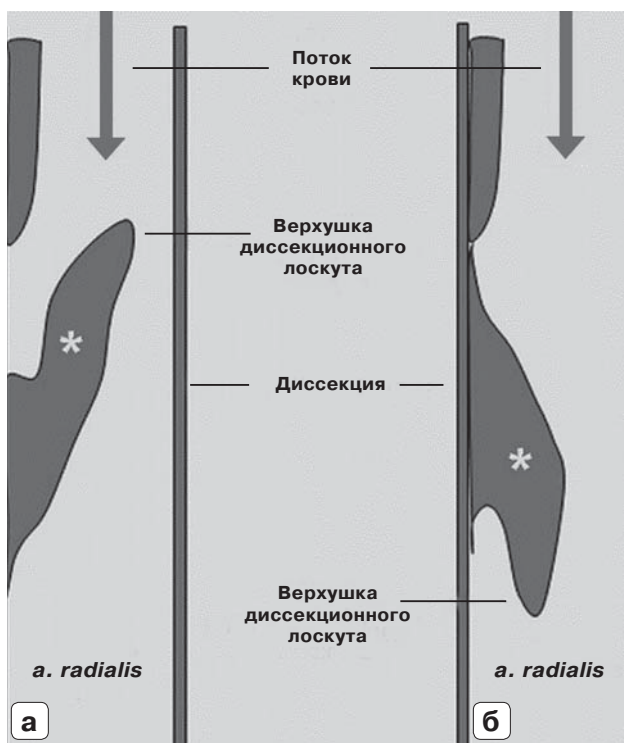


**Рис. 6.** **а** – ангиограмма лучевой артерии кисти и дистального отдела предплечья с участком повреждения лучевой артерии в анатомической табакерке. 1 – лучевая артерия предплечья, 2 – повреждение лучевой артерии в анатомической табакерке, 3 – интродьюсер в дистальной лучевой артерии; **б** – ОСТ-картина лучевой артерии в анатомической табакерке с участком повреждения интимы и частично медиального слоя (стрелка), после проведения ЧКВ. Катетеризирована лучевая артерия на тыле кисти через 4 дня после катетеризации лучевой артерии в анатомической табакерке. Собственные наблюдения.

связано с тем, что повреждение внутреннего просвета артерии происходит от дистального отдела артерии к проксимальному, по току крови. Таким образом движение кровотока прижимает поврежденные участки к стенке артерии. Кроме того, длительное нахождение катетера или интродьюсера в просвете артерии способствует прижатию поврежденных участков к стенке артерии. Это так называемый эффект временного стента (20). В случае сохраняющейся дис-

секции наложение давящей повязки и длительная компрессия помогут справиться с этим осложнением. Худший прогноз имеют диссекции, у которых верхушка лоскута располагается против тока крови (рис. 7).

Диссекция против тока крови может способствовать возникновению тромбоза и/или окклюзии артерии, что может потребовать инвазивного лечения – баллонной ангиопластики зоны диссекции с одновременной наружной компрессией. В заключение



**Рис. 7.** Схематическое изображение лоскута (\*) диссекции стенки артерии: против кровотока (а) и по направлению кровотока (б).

надо отметить, что диссекция, которая не проявляется клиническими симптомами, чаще всего не верифицируется и может быть обнаружена как случайная находка. Поэтому надо полагать, что в действительности диссекций ЛЧА после эндоваскулярного вмешательства гораздо больше, чем описывается в литературе.

- Диссекция и перфорация стенки ЛЧА часто сопровождают друг друга, и если диссекция может быть монопоражением, то перфорация без диссекции не возникает. Перфорация лучевой артерии является редким осложнением (<1%) (25, 26). Степень перфорации стенки бывает различной – от ангиографически незаметной и выявляемой при внутрисосудистой визуализации (рис. 8) вплоть до формирования псевдоаневризмы.

Малосимптомные или асимптомные перфорации прогностически опасны, так как в дебюте своего возникновения незаметны для больного и врача. Однако при усиленной антикоагуляцией и антиагрегантной терапии, при механическом воздействии на зону повреждения перфорация может трансформироваться в более грозное осложнение – псевдоаневризму или фистулу. Перфорация патогенетически схожа с диссекцией, но в отличие от диссекции, при перфорации по-

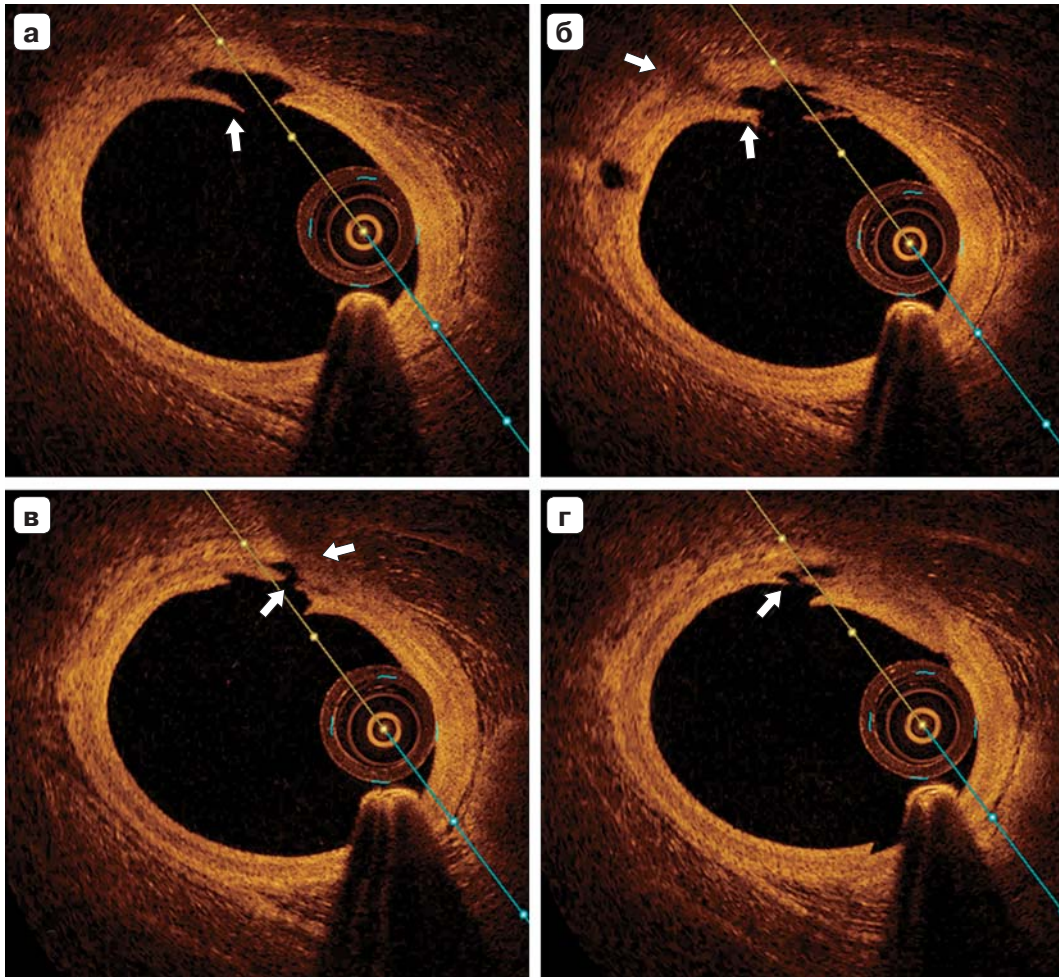
вреждаются все стенки артерии. Перфорация может возникать как в месте пункции ДЛЧА, так и в проксимальных отделах ЛЧА. Клинически перфорация проявляется более ярко, чем диссекция. Связано это с распространением крови из просвета сосуда в окружающие ткани, вызывая болевые ощущения у пациента, и наличием гематомы кожи и подкожной клетчатки. Перфорация ЛЧА нечастое осложнение, но требующее более агрессивного метода лечения. Для лечения перфорации применяют консервативную и хирургическую тактику. Консервативное лечение подразумевает наружную компрессию места перфорации под контролем ультразвука с последующим наложением давящей повязки или без нее. Если эти методы лечения не помогают, используют хирургические способы: эндоваскулярное применение баллонной ангиопластики под контролем ангиографии с наружной компрессией тканей в зоне перфорации (27). В случае безуспешного использования эндоваскулярного лечения следует воспользоваться помощью ангиохирурга для ушивания перфорации ЛЧА.

- Псевдоаневризма. Это редкое осложнение как при проксимальном, так и при дистальном доступе (17, 28). Размер псевдоаневризмы может варьировать. Псевдоаневризмы больших объемов определяются визуально и подтверждаются ультразвуком. Малые размеры аневризмы обнаруживаются случайно, так как больные чаще всего не испытывают дискомфорта от таких аневризм и не предъявляют жалоб (рис. 9). Верифицировать такие аневризмы можно ангиографически или с использованием ультразвука.

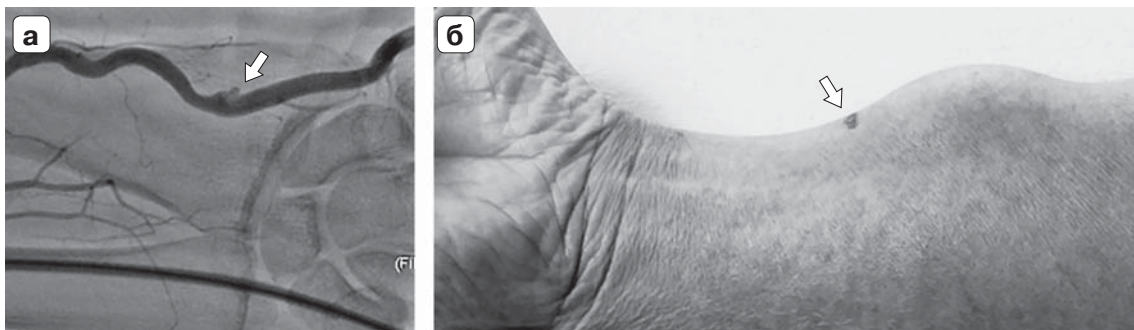
Псевдоаневризмы, возникающие при использовании ДЛЧА в качестве артерии доступа, чаще всего бывают небольших размеров, так как ЛЧА в этой зоне располагается на “костной основе”, а подкожная клетчатка слабо выражена. Это способствует раннему выявлению псевдоаневризмы и препятствуют классическому “созреванию” псевдоаневризмы до больших объемов (рис. 10).

Псевдоаневризма может быть результатом нарушения техники гемостаза в месте пункции ЛЧА (29) и/или сквозного повреждения стенки ЛЧА. Предрасполагающими факторами являются большие дозы антикоагулянтов и антиагрегантов. В зависимости от размера аневризмы можно применять консервативный или хирургический метод



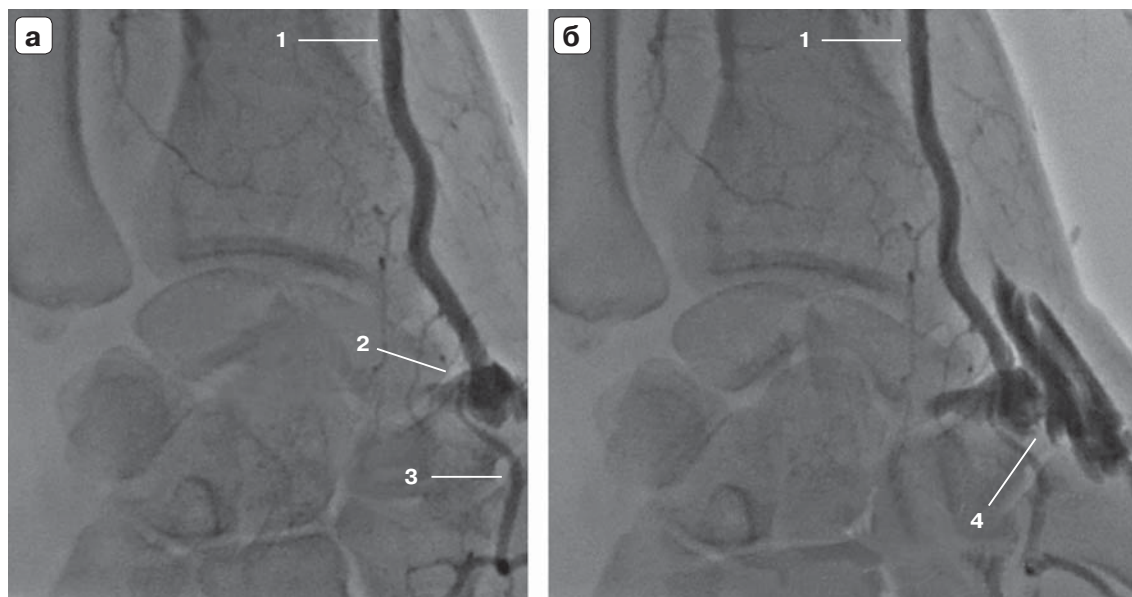


**Рис. 8.** а – ОСТ-картина лучевой артерии от дистального отдела к проксимальному. Участок повреждения интимы и частично медиального слоя (стрелка); б, в – повреждение всех слоев артерии с участком перфорации стенки артерии (стрелки); г – участок повреждения интимы и медиального слоя (стрелка) до наружной мембраны. Катетеризирована лучевая артерия на тыле кисти, первичная процедура. Собственные наблюдения.

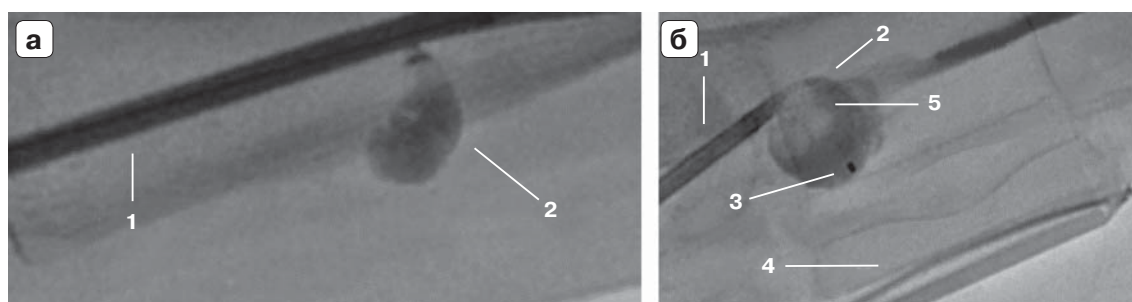


**Рис. 9.** а – ангиограмма лучевой артерии дистального отдела предплечья с участком повреждения лучевой артерии (псевдоаневризма малого размера указана стрелкой). Катетеризирована локтевая артерия. Собственные наблюдения; б – фотоснимок предплечья с взбуханием псевдоаневризмы большого размера проксимальнее места пункции (стрелка) лучевой артерии (19).





**Рис. 10.** **а** – ангиограмма лучевой артерии кисти и дистального отдела предплечья с участком повреждения (псевдоаневризма) лучевой артерии в анатомической табакерке; **б** – попытка наружной компрессии псевдоаневризмы. Гематома мягких тканей кисти. Лимитированный кровоток в глубокой ладонной дуге. Собственные наблюдения. 1 – лучевая артерия предплечья, 2 – псевдоаневризма лучевой артерии анатомической табакерки, 3 – глубокая ладонная дуга, 4 – гематома в месте пункции лучевой артерии анатомической табакерки после наружной компрессии.

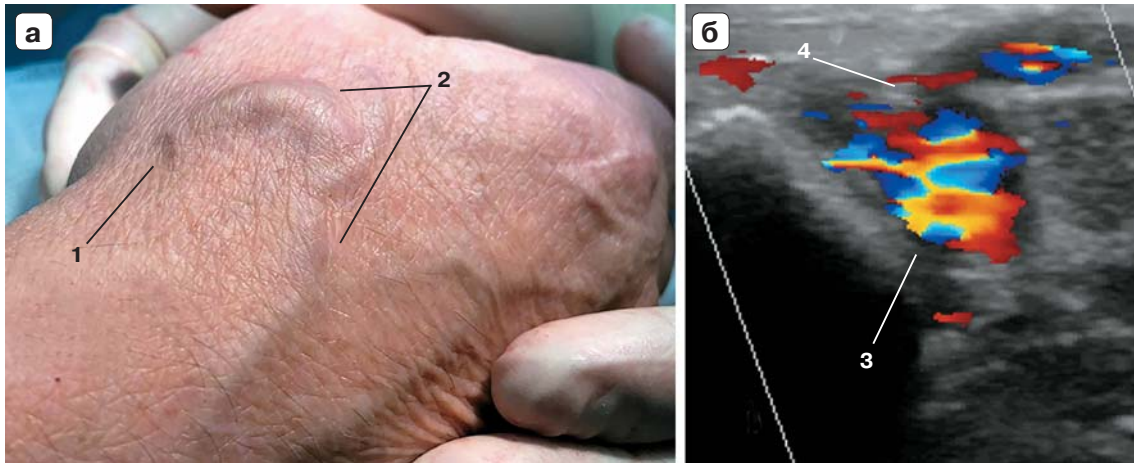


**Рис. 11.** Ангиограмма эндovasкулярного метода лечения псевдоаневризмы с использованием микрокатетера, гемостатической губки и наружной компрессии гемостатической манжетой TR Band. Собственные наблюдения. 1 – интродьюсер, 2 – псевдоаневризма, 3 – микрокатетер, 4 – TR Band, 5 – гемостатическая губка.

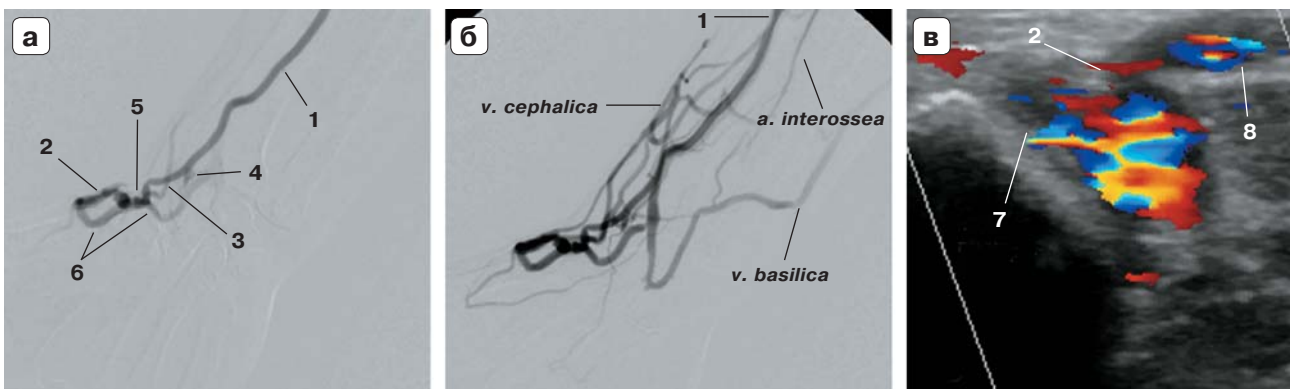
лечения. Механическая наружная компрессия псевдоаневризмы с использованием гемостатических устройств или тугого бинтования используется при небольших размерах аневризмы и чаще всего эффективна. Псевдоаневризмы большого размера при неэффективности консервативного лечения подлежат хирургической коррекции. Как и в случае с перфорацией артерии, в лечении аневризмы можно использовать эндovasкулярный метод: баллонную ангиопластику и наружную компрессию; эмболизацию аневризмы под контролем ангиографии, дилатацию баллоном и наружную компрессию; введение в полость аневризмы тромбина (30) (рис. 11).

Ангиохирургический метод лечения аневризмы более предпочтителен, так как позволяет провести иссечение аневризмы, перевязку артерии, пластику и протезирование артерии.

**3. Посткатетеризационная артериовенозная фистула.** Осложнение, которое, к сожалению, можно обнаружить в поздние сроки формирования фистулы, так как на начальной стадии это осложнение протекает асимптомно или с незначительными проявлениями. На поздних стадиях формирования фистулы больные могут предъявлять жалобы на набухшие и пульсирующие вены кисти и предплечья. Визуальное обследование и ультразвук – начальный на-



**Рис. 12.** а – артериовенозная фистула после катетеризации лучевой артерии в анатомической табакерке. Расширенные вены кисти. б – данные ультразвука артериовенозной фистулы. 1 – место пункции лучевой артерии в анатомической табакерке, 2 – расширенные вены, 3 – лучевая артерия, 4 – артериовенозная фистула. Собственные наблюдения.



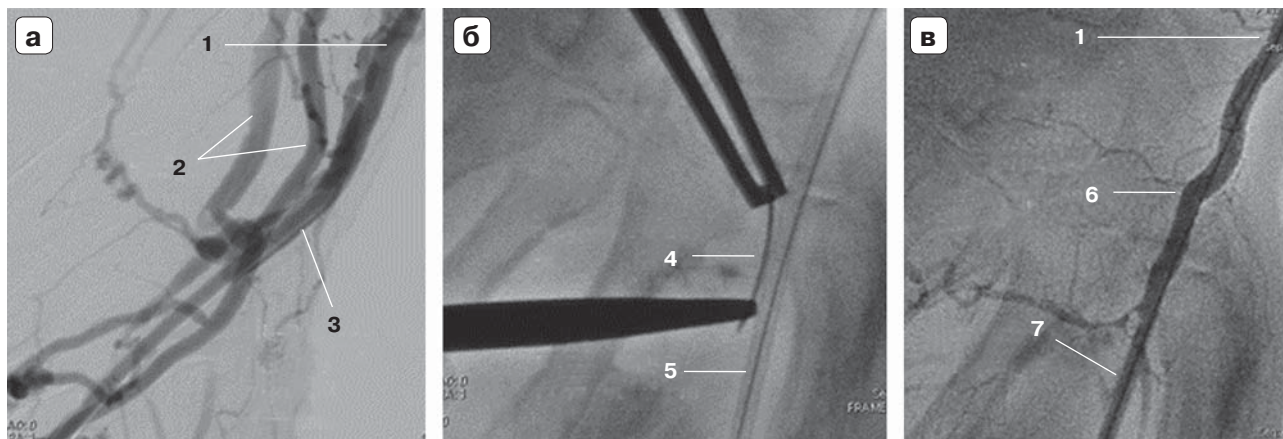
**Рис. 13.** Ангиограмма лучевой артерии кисти и дистального отдела предплечья. Постпункционная артериовенозная фистула лучевой артерии в анатомической табакерке (а). Сформированная венозная сеть бассейна *v. cephalica*, *v. basilica*. Отсутствует антеградный кровоток лучевой артерии дистальнее артериовенозной фистулы (б), артериовенозной фистулы по данным УЗИ (в). Собственные наблюдения. 1 – лучевая артерия предплечья, 2 – артериовенозная фистула, 3 – глубокая ладонная дуга, 4 – культя поверхностной ладонной дуги, 5 – “шейка” артериовенозной фистулы, 6 – поток артериальной крови в *v. cephalica*, 7 – лучевая артерия, 8 – вена.

бор исследований для верификации данного осложнения (рис. 12).

В более поздние сроки больные с фистулой могут предъявлять жалобы на “шум в руке”. Даже если не знать, когда проводилась катетеризация ЛЧА, при наличии такой жалобы можно с уверенностью утверждать, что давность фистулы около 3–4 нед. Ангиография позволяет определить степень выраженности артериовенозного сброса крови и оценить наличие “шейки” артериовенозной фистулы (рис. 13).

Как и псевдоаневризма, артериовенозная фистула ЛЧА кисти является тяжелым, но нечастым геморрагическим осложнением (17, 31, 32). Для возникновения фистулы необходимы как минимум два условия: од-

новременное повреждение стенок артерии и вены, расположенных рядом друг с другом, и неадекватный гемостаз места пункции артерии. При сохраняющемся “сбросе” крови через поврежденную стенку артерии и поступлении артериальной крови через поврежденную стенку вены формируется фистула. Но в отличие от фистулы, формируемой для гемодиализа, у фистулы, возникшей как осложнение катетеризации ЛЧА, есть особенность. У данной фистулы нет “прямого” соединения артерии и вены. Вероятно, их соединяет псевдоаневризма и со временем ткани, окружающие эту псевдоаневризму, приобретают свойства сосудистой стенки. Однако это предположение, которое требует подтверждения.



**Рис. 14.** а – ангиограмма лучевой артерии. Фистула располагается под интродьюсером. Катетеризирована лучевая артерия тыла кисти; б – чрескожное наложение лигатур на “шейку” артериовенозной фистулы. Интродьюсер является ориентиром для наложения лигатуры; в – контрольная ангиограмма лучевой артерии. Сброс артериальной крови в венозную систему отсутствует. Собственные наблюдения. 1 – лучевая артерия предплечья, 2 – вены, 3 – интродьюсер в дистальной лучевой артерии, 4 – хирургическая игла, 5 – проводник в интродьюсере, 6 – лучевая артерия анатомической табакерки, 7 – проводник и интродьюсер.

Лечение артериовенозной фистулы только хирургическое в связи с неэффективностью консервативного лечения. Описанные в литературе случаи консервативного лечения, вероятно, применялись при асимптомном течении этого осложнения (33) либо при раннем выявлении данной патологии. Эндovasкулярное лечение фистулы не является приоритетным хирургическим методом, так как использование баллонной ангиопластики, наружной компрессии при длительно существующей фистуле неэффективно. Существенную помощь при лечении фистулы может оказать ангиография. Она позволит визуализировать “шейку” фистулы и провести наружное, чрескожное прошивание фистулы (рис. 14).

При неуспешном эндovasкулярном лечении артериовенозной фистулы используется открытое сосудистое оперативное вмешательство: частичная резекция ЛЧА, наложение лигатур и иссечение фистулы (33).

В заключение следует отметить, что подход к лечению геморрагических осложнений зависит от тяжести осложнения и может включать консервативную, хирургическую или комбинированную тактику.

#### **Профилактика геморрагических осложнений лучевого доступа**

Поскольку геморрагические осложнения при эндovasкулярном вмешательстве могут возникать не только в месте катетеризации ЛЧА кисти, но и в ЛЧА предплечья (при проведении инструментов в просвете артерии),

следует соблюдать определенные меры предосторожности и профилактики локальных осложнений.

1. Информировать больных о возможных локальных осложнениях и действиях больных, при возникновении и обнаружении осложнений.

2. Иметь достаточный опыт катетеризации ДЛЧА (8).

3. При наличии у пациента деформации кисти вследствие травмы или заболевания, болезни Паркинсона, вибрационной болезни, изменений на поверхности кожи (рубцы, ожоги и т.д.) рассмотреть вариант смены доступа (рис. 15).

4. При слабой пульсации ДЛЧА и/или отсутствии возможности использования ультразвука следует отказаться от пункции ДЛЧА и использовать другой артериальный доступ.

5. Перед пункцией ДЛЧА использовать ультразвук для визуальной оценки артерии как в месте пункции, так и на предплечье (диаметр, топографические характеристики, кальциноз, сосудистые аномалии кисти и предплечья, окклюзия и т.д.) (34–38).

6. Проводить адекватную анальгезию и профилактику спазма (38, 39). Введение местных анестетиков желательно проводить не только в месте пункции, но и по ходу артерии для блокировки ноцицептивных реакций при проведении инструмента в просвете ЛЧА.

7. Использовать ультразвук для пункции ДЛЧА (34, 38).





**Рис. 15.** **а** – деформация кисти (ульнарная девиация) у больной с ревматоидным артритом; **б** – келоидный рубец после пункции лучевой артерии предплечья. Собственные наблюдения.

8. Оптимальная пункция артерии (по возможности одной стенки артерии), адекватная антикоагуляция.

9. При известной извитой анатомии ЛЧА использовать проводники, применяемые в лечении коронарной патологии, микрокатетеры, катетеры с низким профилем, необходимые для успеха процедуры (37), проведение катетера через извитую часть артерии с использованием раздутого баллона на выходном отделе катетера (рис. 16).

10. Исключать грубые манипуляции инструментами в просвете артерии. При наличии сопротивления при проведении инструмента – ангиография лучевой артерии.

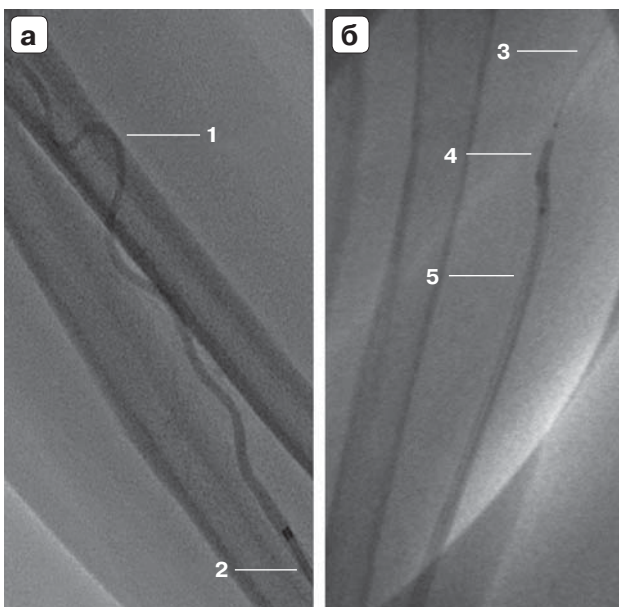
11. Адекватный гемостаз и ультразвуковой контроль места пункции после удаления интродьюсера из артерии и завершения гемостаза (38).

### Обсуждение

Современные данные литературы демонстрируют существенные преимущества ДЛЧД (17, 40, 41). Данный доступ зарекомендовал себя как безопасный и способствующий уменьшению частоты осложнений. Однако он не смог полностью гарантировать исключение возникновения локальных осложнений (17). Соблюдение стандартов при катетеризации ЛЧА, – залог качества и безопасности процедуры катетеризации. Тщательный отбор больных, которым может потребоваться катетеризация ДЛЧА, – еще один предиктор снижения возможных локальных осложнений. Обязательное наблюдение за местом доступа во время процедуры, в раннем послеоперационном периоде и в более поздние сроки после операции способствует снижению риска возникновения местных геморрагических осложнений. Тем не менее при всех сложностях ДЛЧД имеющиеся преимущества данного доступа свидетельствуют о необходимости иметь этот доступ в практическом арсенале каждого интервенционного хирурга.

### Заключение

ДЛЧД можно использовать при различных видах эндоваскулярных вмешательств, как плановых, так и экстренных. Имеющиеся на сегодняшний день исследования показывают клиническую пользу ДЛЧД для пациента и снижение количества больших и малых местных геморрагических осложнений при использовании данного доступа. Такие обнадеживающие результаты свидетельст-



**Рис. 16.** **а** – извитость лучевой артерии предплечья (артерия малого диаметра). Катетеризирована дистальная лучевая артерия; **б** – проведение катетера по лучевой артерии предплечья с использованием баллона. Собственные наблюдения. 1 – лучевая артерия, 2 – интродьюсер, 3 – проводник, 4 – баллон, 5 – катетер.



вуют о перспективе применения ДЛЧА в качестве артерии доступа.

Данная статья не ставила целью сравнить ДЛЧД с артериальными доступами на бедре, плече или предплечье и тем более показать

преимущества того или иного доступа. Задача статьи – донести до клинициста, с какими возможными проблемами и сложностями можно столкнуться при использовании ДЛЧД и как их преодолеть.

### Abbreviations

- DRA – distal radial artery
- DRAA – distal radial artery access
- RA – radial artery
- PRA – proximal radial artery

### Introduction

The radial artery of the hand, commonly referred to as the distal radial artery (DRA), is a natural continuation of the radial artery (RA) of the forearm. Therefore, the DRA retains the same advantages and disadvantages as the RA of the forearm, except for certain anatomical features that make the DRA unique. These features may reduce the risks of potential complications associated with catheterization of the RA of the hand (1–4). However, as practice has shown, these risks cannot be completely excluded. Catheterization of the RA of the hand is performed distally to the RA of the forearm, and the risk of RA injury remains both at the puncture site (on the hand) and in the forearm. Such injuries may result from RA spasm, anatomical variations (tortuosity, calcification, small diameter, etc.), and/or instrument manipulation within the RA during endovascular procedures.

Currently, there is no classification of local complications related to DRA catheterization. Based on nearly a decade of global experience with distal radial artery access (DRAA), the following classification of access-related complications is proposed (Fig. 1).

Each of these complications has its own incidence rate, treatment strategy, prognosis, and preventive measures (5–6). In the context of complications, RA spasm, which occurs during catheterization and intravascular manipulation, should be mentioned separately. This reaction of the RA can occur in up to 34% of cases (5). It should not be classified as a complication, as it represents a physiological response of the artery to external stimuli (7). However, RA spasm may act as a trigger for access artery complications. This article addresses local hemorrhagic complications occurring during access artery catheterization, endovascular interventions, and hemostasis.

Hemorrhagic complications are a serious issue in any type of surgical intervention, including endovascular surgery. The transition from transfemoral access to radial access has helped reduce the incidence of hemorrhagic complications during endovascular procedures (8–10). However, RA catheterization of the forearm has not completely eliminated the risk of hemorrhagic complications in a patient (5, 11, 12). Analysis of studies shows that local hemorrhagic injuries are uncommon complications which can occur with both distal (up to 9%) and proximal (up to 27%) access. But there is no definitive evidence that distal access leads to fewer complications compared to proximal access (13–19).

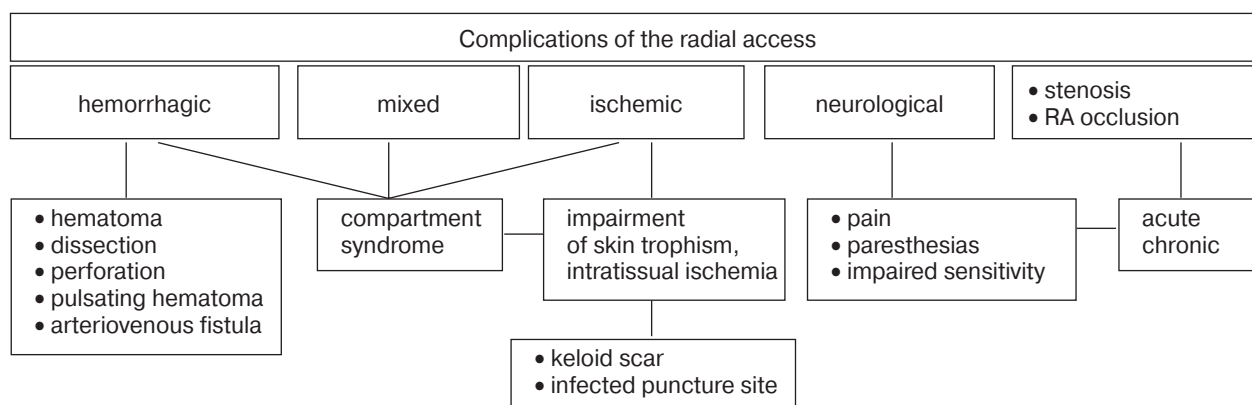


Fig. 1. Complications of the radial artery puncture.

**1. Hematoma.** Local hematomas vary in severity and are classified using the EASY scale (17) (Fig. 2).

Hematomas measuring 15 cm<sup>2</sup> or more are considered significant (20). Regardless of the hematoma etiology, an arterial wall defect is always involved in its development. Furthermore, it should be understood, that the source of the hematoma may be either the puncture site (RA of the hand) and the RA of the forearm if it was damaged during an endovascular procedure. The most severe manifestation of a hematoma is compartment syndrome. Hematoma can lead to compression of surrounding tissues and secondary tissue ischemia (21). However, compartment syndrome is a rare (less than 0.01%) complication with DRA compared to proximal radial access (22, 23). The lower incidence of compartment syndrome with DRAA and an intact proximal RA may be associated with anatomical structures of the hand (bones and tendons), particularly the Retinaculum flexorum (Fig. 3).

Our clinic's experience suggests that the key to preventing hematomas is optimal RA puncture, effective hemostasis, and thorough monitoring of the hand using ultrasound or an-

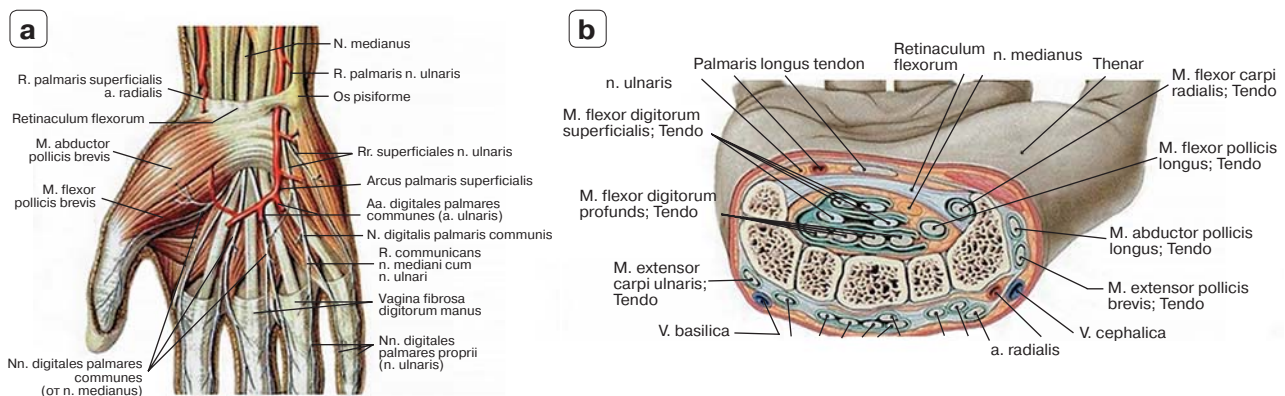
giographic visualization both during and after the procedure.

In our clinic, hematoma management strategy depends on the nature and severity of the injury. Small sized (EASY I–II), uncomplicated hematomas without RA wall damage are treated conservatively. In these cases, it is important to monitor the local injury and determine the hematoma etiology. If the hematoma enlarges, ultrasound evaluation of the injury aids in verifying the nature and severity of the damage. Additionally, ultrasound device allows performing hemostasis at the puncture site and hematoma affected area. If the situation worsens due to arterial wall damage, surgical intervention may be necessary, either endovascular or open surgery. Conservative treatment includes tight bandaging of the hematoma area, analgesics, nonsteroidal anti-inflammatory drugs, and protamine administration. If hematoma is infected, antibiotic therapy, local treatment of the damaged area with antiseptic and aseptic dressing are required (Fig. 4).

Surgical treatment is needed for hematomas associated with damage of the RA wall and/or compartment syndrome. In such cases,



**Fig. 2.** Hand hematoma after the distal radial access. **a** – 1st day after the procedure; **b** – 15th day after the procedure.



**Fig. 3.** Anatomical structures of the hand.

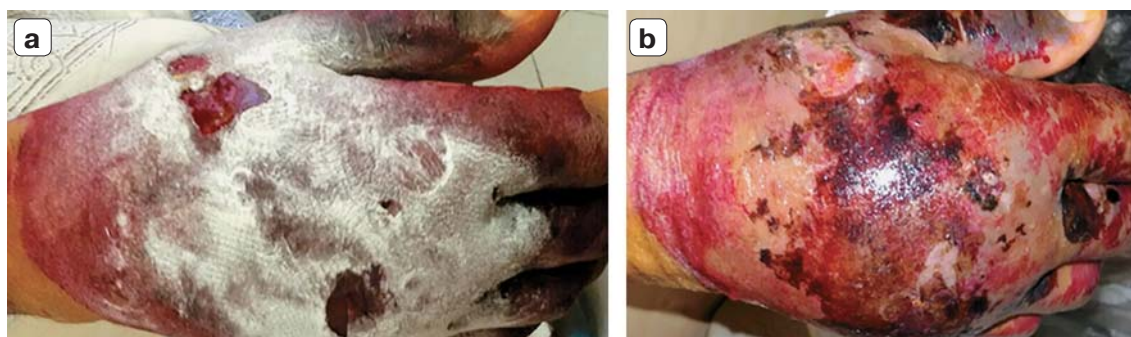
the most effective approach is fasciotomy, which decompresses tissues, improves microcirculation, and reduces tissue ischemia (24). It should be noted that compartment syndrome in DRAA is usually a consequence of forearm RA damage rather than hand RA damage, as anatomical structures in the wrist area prevent blood spread from the hand toward the forearm. Therefore, it is important to verify the site of arterial wall damage and perform hemostasis accordingly. Surgical treatment of arterial wall damages will be discussed below. Thus, hematomas in DRAA can be classified into two types: hematomas at the puncture site related to inadequate hemostasis and hematomas resulting from arterial wall injury proximal to the puncture site of the RA.

2. Other types of hemorrhagic complications include **dissection, arterial perforation, and pseudoaneurysm**. It can be assumed that these complications share a com-

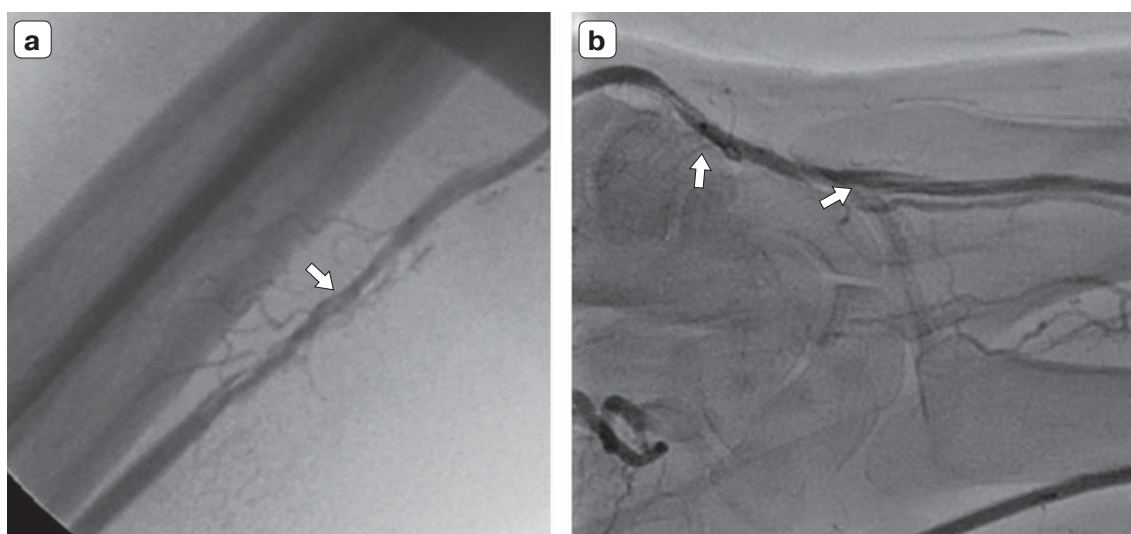
mon mechanism of occurrence with varying severity of arterial wall damage. The cause of these complications is mechanical injury to the RA wall during instrument manipulation within the arterial lumen. RA wall damage may occur in the forearm when instruments pass through the RA lumen, as well as in the distal part in cases of incorrect introducer placement or a mismatch between the introducer size and RA diameter (Fig. 5).

It should be noted that DRA damage following introducer placement may be absent by the end of the endovascular procedure. However, as our clinic's experience shows, in some cases, the damages may persist, and the more severe the defect (full-thickness wall defect, arterial rupture), the higher the likelihood of its persistence (Fig. 6).

a) RA dissection generally has a favorable outcome and responds well to conservative treatment. Dissection results from instrument

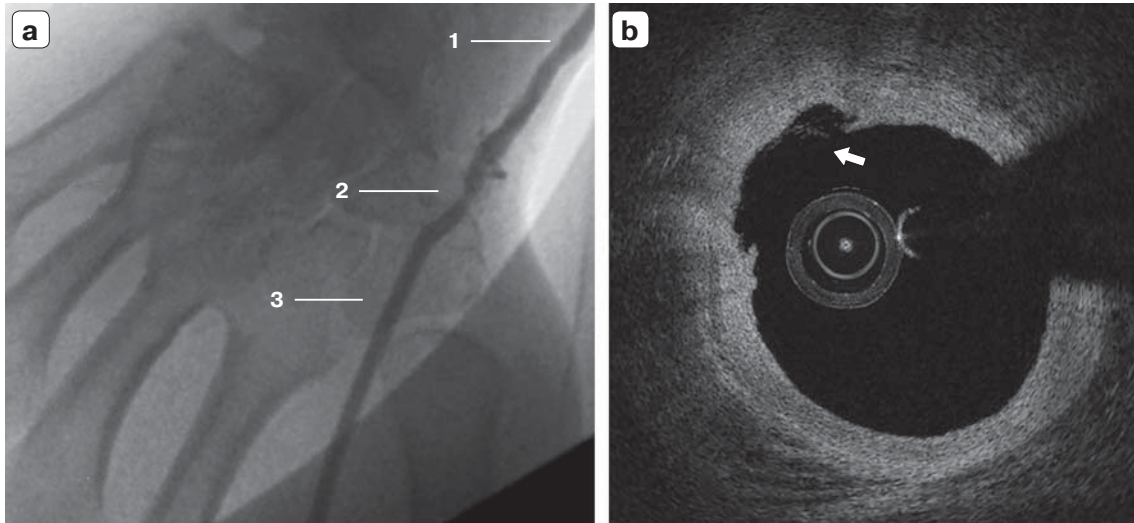


**Fig. 4.** Conservative treatment of the hand hematoma (Streptocide powder) after the distal radial access (a). Scarring of the hand wound surface (b) (our own observations).



**Fig. 5.** Angiogram of the radial artery of the forearm. **a** – dissection (indicated by the arrow) of the middle part of the radial artery; **b** – angiogram of the radial artery of the hand. Extended dissection of the radial artery in the dorsal hand and in the anatomical snuffbox (indicated by arrows), after unsuccessful catheterization of the radial artery in the dorsal hand. The access artery is changed to the ulnar artery. Our own observations.



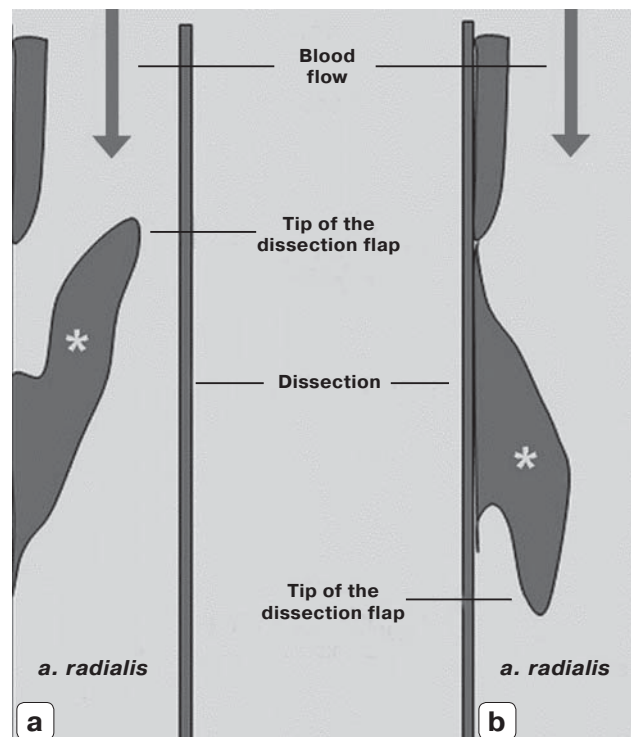


**Fig. 6.** **a** – angiogram of the radial artery of the hand and distal forearm with a damaged part of the radial artery in the anatomical snuffbox. 1 – radial artery of the forearm, 2 – the lesion of the radial artery in the anatomical snuffbox, 3 – introducer in the distal radial artery; **b** – OCT-image of the radial artery in the anatomical snuffbox with a damaged part of the intima and partially the medial layer (indicated by the arrow), after PCI. The radial artery in the dorsal hand was catheterized 4 days after catheterization of the radial artery in the anatomical snuffbox. Our own observations.

interaction with the arterial wall when passing through its lumen or from a mismatch between the instrument size and the artery's anatomical characteristics. The latter may occur due to incorrect introducer placement in the distal RA. A distinguishing feature of RA dissection comparing to other local hemorrhagic complications is the absence of perforating injury of the arterial wall. Dissection may involve the inner and medial layers of the artery, not affecting the outer wall. It prevents blood from spreading into the vessel surrounding tissues. Dissection can vary in size and severity, ranging from localized, minor defects to extended, flow-limiting lesions. Dissection associated with the distal access has a favorable prognosis. The reason is that the damage of the inner arterial lumen occurs from the distal to the proximal part of the artery along the blood flow direction. This way, blood flow presses the damaged segments against the arterial wall. Moreover, prolonged catheter or introducer presence within the arterial lumen contributes to the dissected segments pressing to the arterial wall. This is the so-called “temporary stent” effect (20). In cases of persistent dissection, compression bandage and prolonged compression can help manage this complication. A worse prognosis is associated with dissections where the flap tip is positioned against the blood flow (Fig. 7).

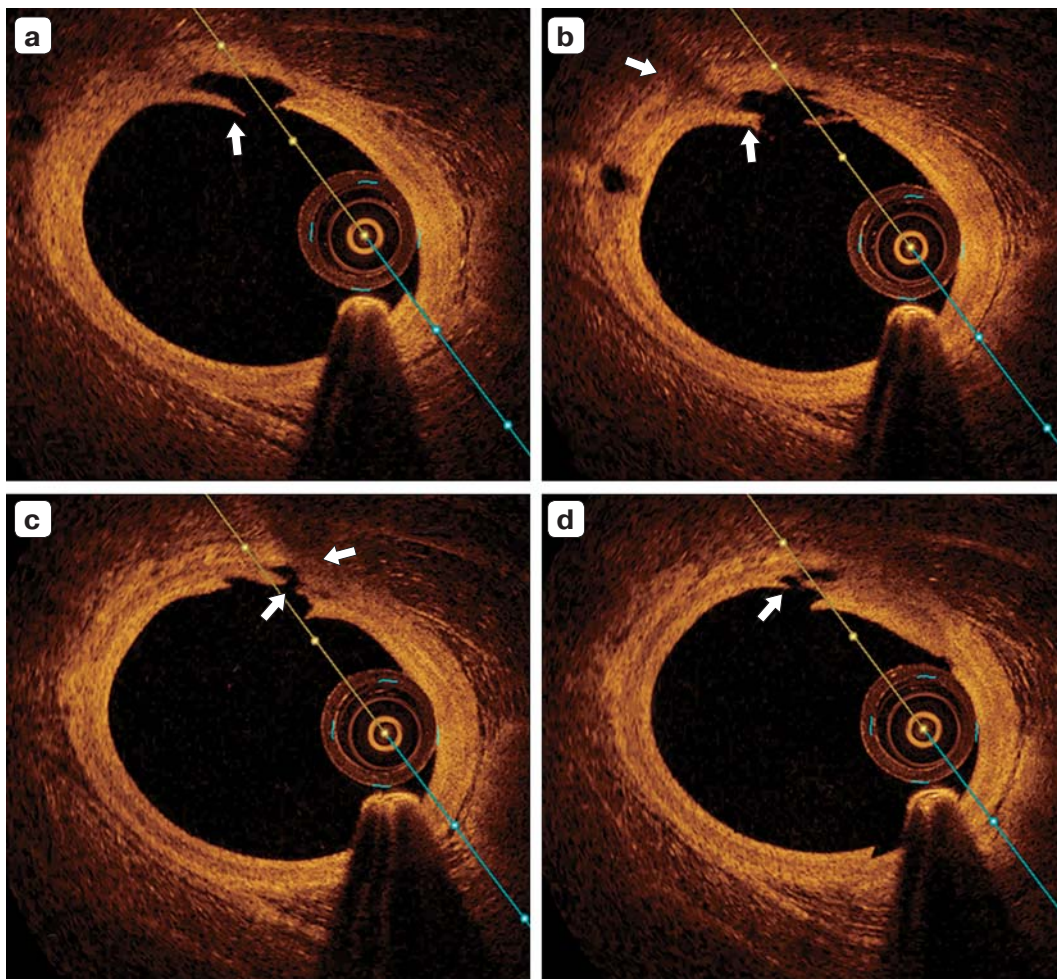
Retrograde-flow dissection may contribute to thrombosis and/or arterial occlusion, potentially requiring invasive treatment (balloon an-

gioplasty of the dissection area with simultaneous external compression). In conclusion, it is important to note that asymptomatic dissection is often undetected and may be found incidentally. Therefore, it may be assumed that the actual number of RA dissections following en-



**Fig. 7.** Schematic illustration of the arterial wall dissection flap (\*). Against the blood flow (**a**) and along the direction of the blood flow (**b**).





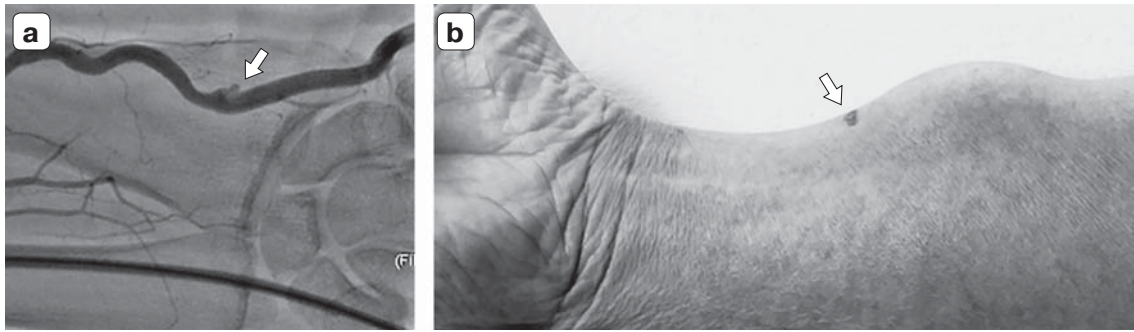
**Fig. 8.** **a** – OCT-image of the radial artery from distal to proximal part. Area of the damaged intima and partially the medial layer (arrow). **b, c** – damage of the all arterial layers with the area of perforation of the arterial wall (arrows); **d** – area of the damaged intima and medial layer (arrows) up to external membrane. Catheterization of the radial artery in the dorsal hand, primary procedure. Our own observations.

dovascular intervention is significantly higher than reported in the literature.

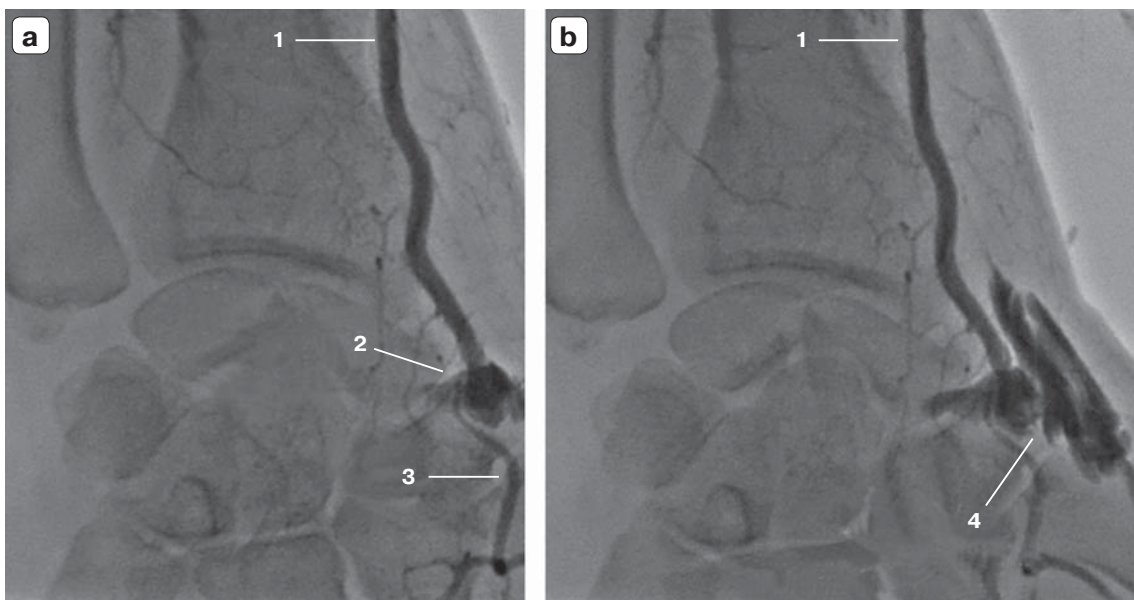
b) RA dissection and wall perforation often accompany each other; while dissection can be an isolated lesion, perforation does not occur without dissection. Radial artery perforation is a rare complication (<1%) (25, 26). The degree of perforation varies from angiographically undetectable and only identified via intravascular imaging (Fig. 8), to forming a pseudoaneurysm.

Minor or asymptomatic perforations may be dangerous, as they are initially unnoticed by both patient and physician. However, with intense anticoagulation and antiplatelet therapy or mechanical impact on the damaged area, a perforation may transform into a more severe complication – pseudoaneurysm or fistula. Perforation pathogenesis is similar to dissection but differs in that all arterial wall layers are damaged. Perforation can occur either at the

DRA puncture site or in proximal RA segments. Clinical signs of perforation are more prominent than dissection. It is due to blood extravasation from the vessel into surrounding tissues, causing pain in a patient and hematoma in the skin and subcutaneous tissues. RA perforation is a rare complication but requires a more aggressive treatment approach. Perforation treatment includes conservative and surgical strategies. Conservative treatment involves external compression of the perforation site under ultrasound guidance, with or without subsequent applying a compression bandage. If these treatment methods fail, surgical interventions are used. Endovascular treatment involves balloon angioplasty under angiographic control with external compression of tissues at the perforation area (27). If endovascular treatment is unsuccessful, the RA perforation should be sutured by a vascular surgeon.



**Fig. 9.** **a** – angiogram of the radial artery in the distal forearm with damaged part of the radial artery (small pseudoaneurysm is indicated by the arrow). Catheterization of the ulnar artery. Our own observations; **b** – photo of the forearm with bulging of the large pseudoaneurysm proximal of the puncture site (arrow) of the radial artery (19).



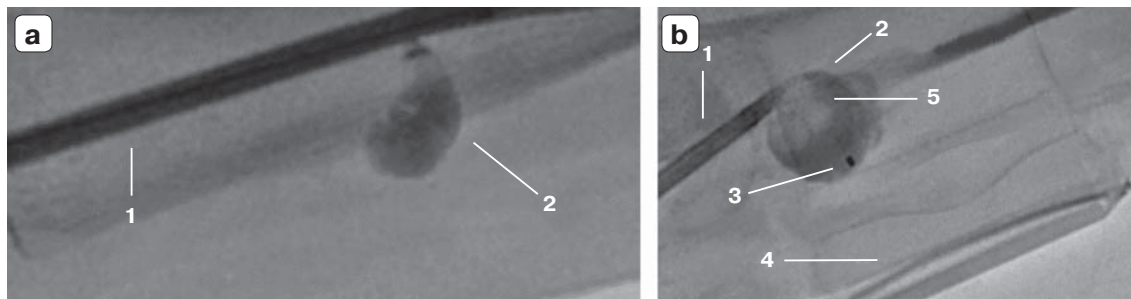
**Fig. 10.** **a** – angiogram of the radial artery of the hand and distal forearm with damaged area (pseudoaneurysm) of the radial artery in the anatomical snuffbox; **b** – attempt of the external compression of the pseudoaneurysm. Hematoma of the hand soft tissue. Limited blood flow in the deep palmar arch. Our own observations. 1 – radial artery of forearm, 2 – false aneurysm of the radial artery of anatomical snuffbox, 3 – deep palmar arch, 4 – hematoma at the site of puncture of the radial artery of anatomical snuffbox after external compression.

c) Pseudoaneurysm. This is a rare complication in both proximal and distal access (17, 28). Pseudoaneurysm size may vary. Larger ones are visually detectable and confirmed by ultrasound, while the smaller are revealed incidentally as patients rarely experience discomfort and have no complaints (Fig. 9). Verification of such aneurysms can be performed angiographically or using ultrasound.

Pseudoaneurysms that occur when the DRA is used as the access artery are typically small, as the RA in this area has a “bony base”, and subcutaneous tissue is poorly developed. This facilitates early detection of a pseudoaneurysm and prevents its classic “maturation” to larger sizes (Fig. 10).

A pseudoaneurysm may result from improper hemostasis technique at the RA puncture site (29) and/or perforation of the RA wall. Predisposing factors include high doses of anticoagulants and antiplatelets. Depending on the aneurysm size, conservative or surgical treatment methods can be used. Mechanical external compression using hemostatic devices or tight bandaging often is used effectively for small pseudoaneurysms. Larger pseudoaneurysms that do not respond to conservative treatment require surgical correction. Similar to arterial perforation cases, endovascular treatment of aneurysms may include balloon angioplasty with external compression, aneurysm embolization under angiographic guidance,





**Fig. 11.** Angiogram of the endovascular treatment of the pseudoaneurysm using the microcatheter, hemostatic sponge and external compression with hemostatic cuff TR Band. Our own observations. 1 – introducer, 2 – false aneurysm, 3 – microcatheter, 4 – TR Band, 5 – hemostatic sponge.

dilation with a balloon followed by external compression, or thrombin administration into the aneurysm cavity (30) (Fig. 11).

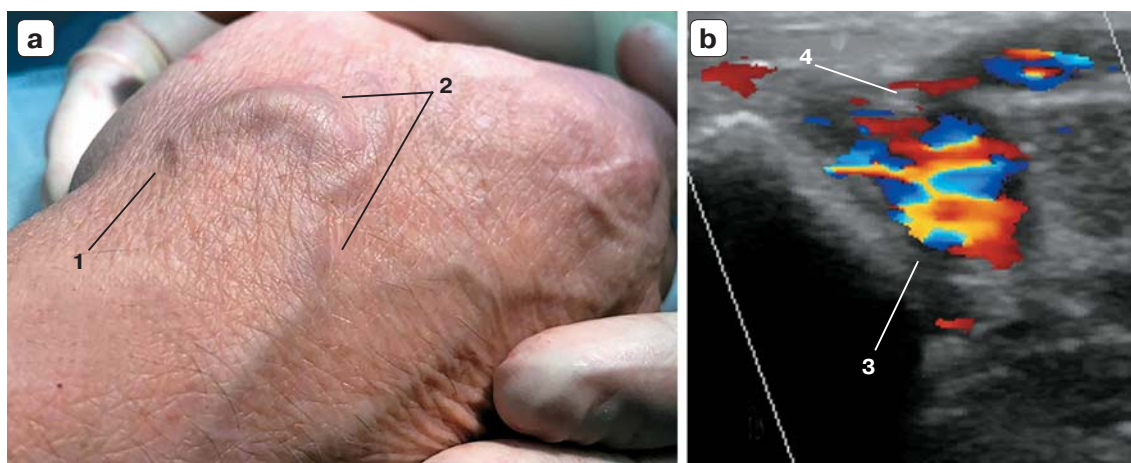
The angiosurgical treatment method is more preferable for aneurysm, as it allows for excision of the aneurysm, ligation of the artery, angioplasty and prosthetic replacement of the artery.

**3. Post-catheterization arteriovenous fistula.** Unfortunately, this complication is often detected at a later stage as it is either asymptomatic or presents with mild symptoms at the earlier stage. During advanced stages of the fistula development, patients may complain of swollen and pulsating veins in the hand and forearm. Visual and ultrasound examinations are the initial diagnostic tools for verifying this complication (Fig. 12).

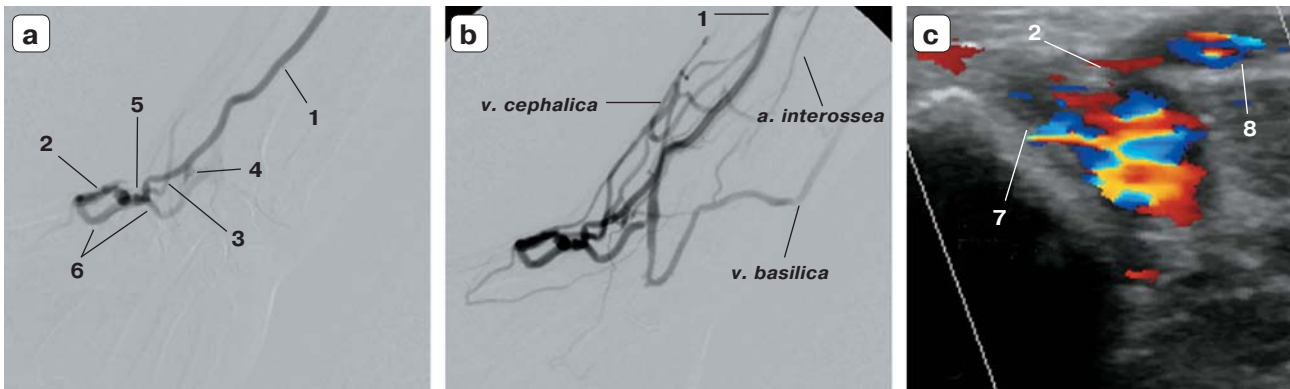
At later stages, patients with a fistula may complain of a “bruit” in the affected arm. Even if the exact date of RA catheterization is unknown, presence of this symptom strongly suggests that the fistula has existed for approxi-

mately 3–4 weeks. Angiography allows for the assessment of the arteriovenous shunting severity and the presence of a “neck” in the arteriovenous fistula (Fig. 13).

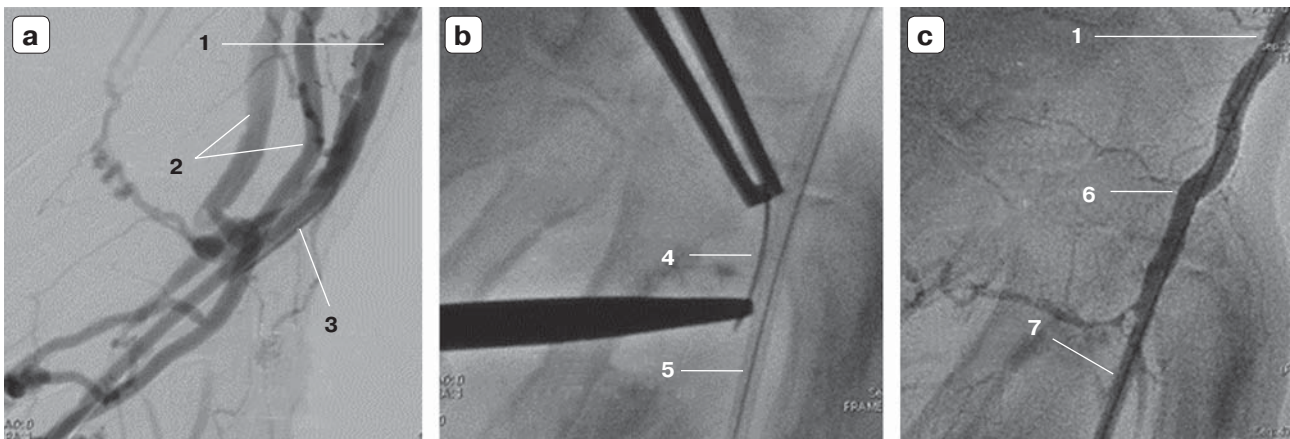
Like pseudoaneurysms, an arteriovenous fistula of the RA in the hand is a severe yet rare hemorrhagic complication (17, 31, 32). For a fistula development, at least two conditions must be met: simultaneous damage to the walls of both an artery and a nearby vein, along with inadequate hemostasis at the arterial puncture site. When blood “shunting” through the damaged arterial wall persists and arterial blood enters through the damaged wall of the vein, a fistula is developed. However, unlike fistula created for hemodialysis, post-catheterization fistulas have a distinct feature: they lack a “direct” connection between the artery and vein. Likely, they are connected by a pseudoaneurysm, and over time, the surrounding tissue may acquire the properties of a vascular wall. This hypothesis, however, requires further confirmation.



**Fig. 12.** **a** – arteriovenous fistula after catheterization of the radial artery in the anatomical snuffbox. Dilated hand veins. **b** – ultrasound data for the arteriovenous fistula. 1 – puncture site of the radial artery in the anatomical snuffbox; 2 – dilated veins; 3 – radial artery; 4 – arteriovenous fistula. Our own observations.



**Fig. 13.** Angiogram of the radial artery of the hand and distal forearm. Post-puncture arteriovenous fistula of the radial artery in the anatomical snuffbox (**a**). Formed venous network of *v. cephalica*, *v. basilica*. Absent antegrade blood flow in the radial artery distal to the arteriovenous fistula (**b**) arteriovenous fistula according to ultrasound data (**c**). Our own observations. 1 – radial artery of the forearm; 2 – arteriovenous fistula; 3 – deep palmar arch; 4 – stump of the superficial palmar arch; 5 – “neck” of the arteriovenous fistula; 6 – arterial blood flow in *v. cephalica*; 7 – radial artery; 8 – vein.



**Fig. 14.** **a** – angiogram of the radial artery. Fistula is located under the introducer. Radial artery in the dorsal hand is catheterized. **b** – percutaneous ligation of the “neck” of the arteriovenous fistula. The introducer serves as a guide for ligature placement; **c** – control angiogram of the radial artery. Arterial blood shunting to the venous system is absent. Our own observations. 1 – radial artery of the forearm; 2 – veins; 3 – introducer in the distal radial artery; 4 – surgical needle; 5 – guidewire in the introducer; 6 – radial artery in the anatomical snuffbox; 7 – guidewire and introducer.

For arteriovenous fistula only surgical treatment is used, due to the ineffectiveness of conservative approaches. Reports of conservative treatment described in the literature probably applied to asymptomatic cases of this complication (33), or when this condition was detected at an early stage. Endovascular treatment for fistulas is not the preferred surgical approach, as balloon angioplasty and external compression are ineffective for long-term fistulas. Angiography can be of significant benefit in the treatment of fistula. It allows to visualize the fistula “neck” and to perform external percutaneous suturing of the fistula (Fig. 14).

If endovascular treatment is unsuccessful, “open” vascular surgery is used: partial resec-

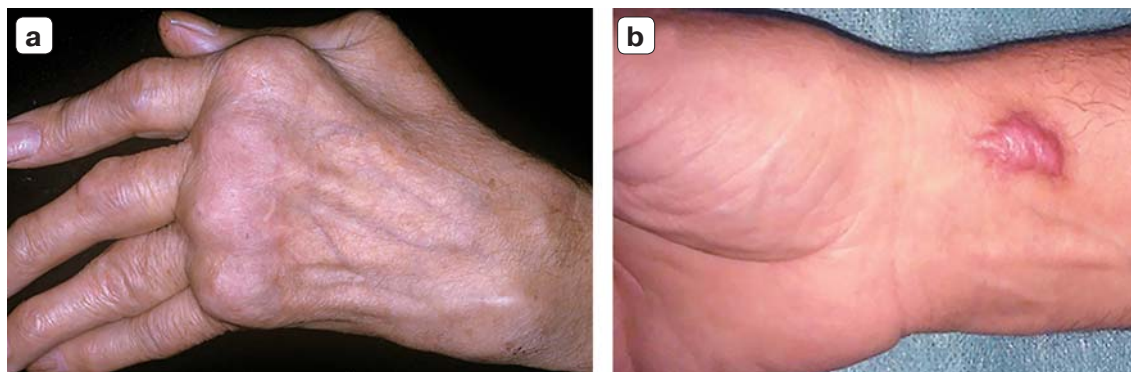
tion of the RA, ligation, and excision of the fistula (33).

In conclusion, it should be noted that the treatment approach to hemorrhagic complications depends on the complication severity and may include conservative, surgical or combined methods.

Prevention of hemorrhagic complications of the radial approach.

Since hemorrhagic complications during endovascular intervention can occur not only at the place of RA catheterization in the hand but also in the forearm (as instruments are advanced through the arterial lumen), specific precautionary measures should be followed to prevent local complications.





**Fig. 15.** **a** – hand deformity (ulnar deviation) in a patient with rheumatoid arthritis; **b** – keloid scar after the radial artery puncture in the forearm. Our own observations.

1. Inform patients about possible local complications and the actions they should take if complications detected.

2. Have sufficient experience in DRA catheterization (8).

3. Consider alternative access in patients with hand deformities due to trauma or disease, Parkinson’s disease, vibration disease, or skin abnormalities (scars, burns, etc.) (Fig. 15).

4. If DRA has weak pulsation and/or ultrasound is unavailable, avoid DRA puncture and use another arterial access.

5. Use ultrasound before DRA puncture to make a visual evaluation of the artery both at the puncture site and along the forearm (diameter, topographic characteristics, calcification, vascular anomalies in the hand and forearm, occlusion, etc.) (34–38).

6. Perform adequate analgesia and spasm prevention (38, 39). Local anesthetics should be administered not only at the puncture site but also along the artery to block nociceptive reactions during instrument advancement in the RA lumen.

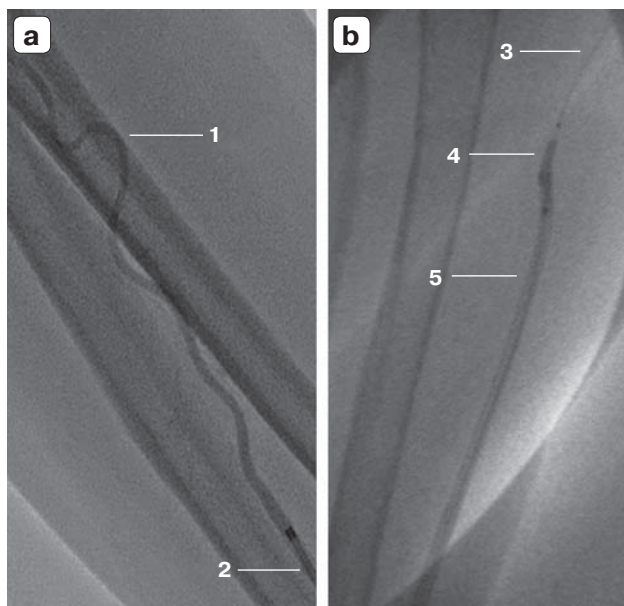
7. Use ultrasound guidance for DRA puncture (34, 38).

8. Perform optimal arterial puncture (preferably of the single wall), use an appropriate anticoagulation.

9. When significant RA tortuosity is present, use guidewires designed for coronary interventions, microcatheters, and low-profile catheters to increase procedural success (37); advance a catheter through the tortuous segment with an inflated balloon at the distal part of the catheter (Fig. 16).

10. Avoid aggressive instrument manipulation within the arterial lumen. If resistance is met during instrument advancement, perform RA angiography.

11. Ensure adequate hemostasis and ultrasound assessment of the puncture site after removing the introducer and completing hemostasis (38).



**Fig. 16.** **a** – tortuosity of the radial artery in the forearm (artery of a small diameter). Distal radial artery is catheterized; **b** – catheter advancement along the radial artery in the forearm using the balloon. Our own observations. 1 – radial artery; 2 – introducer; 3 – guidewire; 4 – balloon; 5 – catheter.

## Discussion

Recent literature data demonstrates the significant advantages of the DRAA (17, 40, 41). This access has proven to be safe and contributing to reduce complication incidence. However, it does not completely eliminate the risk of local complications (17). Complying with standards during RA catheterization is essential for safety and quality of the procedure. Careful patient selection for DRA catheterization is another predictor of reducing possible local complications. Mandatory monitoring of the access site during the procedure, in the early postoperative period, and at later stages after the surgery helps reduce the risk of local hemorrhagic complications. Nevertheless, despite all challenges of DRAA, the existing advantages of this approach suggest that all interventional surgeons should include this technique in their practical skillset.

## Список литературы [References]

1. Каледин А.Л., Кочанов И.Н., Селецкий С.С., Архаров И.В., Бурак Т.Я., Козлов К.Л. Особенности артериального доступа в эндоваскулярной хирургии у больных пожилого возраста. *Успехи геронтологии*. 2014, 27 (1), 115–119. PMID: 25051767  
Kaledin A.L., Kochanov I.N., Seletskiy S.S. et al. Peculiarities of arterial access in endovascular surgery in elderly patients. *Advances in Gerontology*. 2014, 27 (1), 115–119. PMID: 25051767 (In Russian)
2. Kiemeneij F. Left distal transradial access in the anatomical snuffbox for coronary angiography and interventions. *EuroIntervention*. 2017, 20, 851–857. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-17-00079>
3. Davies R.E., Gilchrist I.C. Back hand approach to radial access: The snuffbox approach. *Cardiovasc. Revasc. Med.* 2018, 19, 324–326. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2017.08.014>
4. Roghani-Dehkordi F., Hashemifard O., Sadeghi M. et al. Distal accesses in the hand (two novel techniques) for percutaneous coronary angiography and intervention. *ARYA Atheroscler.* 2018, 14, 95–100. <https://doi.org/10.22122/arya.v14i2.1743>
5. Coghill E.M., Johnson T., Morris R.E. et al. Radial artery access site complications during cardiac procedures, clinical implications and potential solutions: The role of nitric oxide. *Wld J. Cardiol.* 2020, 12 (1), 26–34. <https://doi.org/10.4330/wjc.v12.i1.26>
6. Коротких А.В., Бабунашвили А.М., Казанцев А.Н., Тарасюк Е.С. Дистальный лучевой доступ: есть ли клиническая выгода? *Журнал им. Н.В. Склифосовского "Неотложная медицинская помощь"*. 2023, 12 (3), 464–470. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2023-12-3-464-470>  
Korotkikh A.V., Babunashvili A.M., Kazantsev A.N., Tarasyuk E.S. Distal Radial Access. Is There a Clinical Benefit? *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical*

## Conclusion

The DRAA can be used for various endovascular interventions, both elective and emergency. Current research demonstrates clinical benefits of the DRAA for patients and shows a reduction in both major and minor local hemorrhagic complications. These promising results suggest of the potential of the DRA as an access artery.

This article did not aim to compare DRAA with artery access on the thigh, shoulder or forearm, or, even more so, to show the advantages of any particular approach. Instead, the goal is to inform clinicians about the possible challenges associated with DRAA and strategies for overcoming them.

7. He G.W., Yang C.Q. Characteristics of adrenoceptors in the human radial artery: clinical implications. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1998, 115 (5), 1136–1141. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(98\)70414-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(98)70414-3)
8. Hamon M., Pristipino C., Di Mario C. et al. Consensus document on the radial approach in percutaneous cardiovascular interventions: position paper by the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions and Working Groups on Acute Cardiac Care and Thrombosis of the European Society of Cardiology. *EuroIntervention*. 2013, 8 (11), 1242–1251. <https://doi.org/10.4244/EIJV8I11A192>
9. Neumann F.J., Sousa-Uva M., Ahlsson A. et al. ESC scientific document group. 2018 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization. *Eur. Heart J.* 2019, 40 (2), 87–165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>
10. Bajaj A., Pancholy S., Sothwal A. et al. Transradial versus transfemoral access for percutaneous coronary intervention of unprotected left main coronary artery stenosis: a systematic review and meta-analysis. *Cardiovasc. Revasc. Med.* 2019, 20 (9), 790–798. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2018.10.025>
11. Zhang J., Liu C., Tian B., Lin X. Success rate, efficacy and complications of the transradial artery approach to percutaneous coronary intervention for coronary heart disease. *Int. J. Clin. Exp. Med.* 2017, 10 (8), 12571–12576.
12. Sgueglia G.A., Lee B.K., Cho B.R. et al. Distal Radial Access: Consensus Report of the First Korea-Europe Transradial Intervention Meeting. *JACC Cardiovasc. Interv.* 2021, 14 (8), 892–906. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2021.02.033>
13. Li F., Shi G.W., Yu X.L. et al. Safety and efficacy of coronary angiography and percutaneous coronary intervention via distal transradial artery access in the anatomical snuffbox: a single-centre prospective cohort study using a propensity

- score method. *BMC Cardiovasc. Disord.* 2022, 22 (1), 74. <https://doi.org/10.1186/s12872-022-02518-8>
14. Коротких А.В., Бабунашвили А.М., Каледин А.Л., Ахрамович Р.В., Деркач В.В., Портнов Р.М., Созыкин А.В. Анализ промежуточных результатов сравнительного многоцентрового рандомизированного исследования TENDERA по изучению дистального лучевого доступа. *Новости хирургии.* 2021, 29 (3), 285–295. <https://dx.doi.org/10.18484/2305-0047.2021.3.285>  
Korotkikh A.V., Babunashvili A.M., Kaledin A.L. et al. Analysis of intermediate results of a comparative multicenter randomized TENDERA study investigating the distal radiation access. *Novosti Khirurgii = Surgery News.* 2021, 29 (3), 285–295. <https://dx.doi.org/10.18484/2305-0047.2021.3.285> (In Russian)
  15. Каледин А.Л., Кочанов И.Н., Ардеев В.Н., Бурак Т.Я., Селецкий С.С., Головчанский Р.О., Подметин П.С. Проксимальный и дистальный лучевые доступы при проведении эндоваскулярных вмешательств у больных с ОКС. *Международный журнал интервенционной кардиоангиологии.* 2021, 67, 10–25.  
Kaledin A.L., Kochanov I.N., Ardeev V.N. et al. Proximal and distal radial access for endovascular interventions in patients with ACS. *International Journal of Interventional Cardioangiology.* 2021, 67, 10–25.
  16. Daralammouri Y., Nazzal Z., Mosleh Y.S. et al. Distal Radial Artery Access in comparison to Forearm Radial Artery Access for Cardiac Catheterization: A Randomized Controlled Trial (DARFORA Trial). *J. Interv. Cardiol.* 2022, 2022:7698583. <https://doi.org/10.1155/2022/7698583>
  17. ClinicalTrials.gov Identifier: NCT04211584 “TENDERA”.
  18. Rashid M., Lawson C., Potts J. et al. Incidence, Determinants, and Outcomes of Left and Right Radial Access Use in Patients Undergoing Percutaneous Coronary Intervention in the United Kingdom: A National Perspective Using the BCIS Dataset. *JACC.* 2018, 11 (11), 1021–1033. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2018.01.252>
  19. Ахрамович Р.В., Семитко С.П., Азаров А.В., Аналеев А.И., Мельниченко И.С., Чернышева И.Е., Третьяков А.А., Иоселиани Д.Г. Сравнительный анализ применения дорсопальмарного (модифицированного дистального) и трансрадиального доступов при первичных чрескожных коронарных вмешательствах у пациентов с острым коронарным синдромом. *Альманах клинической медицины.* 2022, 50 (4), 245–254. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2022-50-034>  
Akhramovich R.V., Semitko S., Azarov A.V. et al. Comparative analysis of the dorsopalmar (modified distal) and transradial access in primary percutaneous coronary interventions in patients with acute coronary syndrome. *Almanac of Clinical Medicine.* 2022, 50 (4), 245–254. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2022-50-034> (In Russian)
  20. Бабунашвили А.М., Карташов Д.С. Руководство по применению лучевого доступа в интервенционной ангиокардиологии (Лучшая клиническая практика для трансрадиальных эндоваскулярных вмешательств). Москва: Изд-во АСВ, 2017. 176 с.  
Babunashvili A.M., Kartashov D.S. Guidelines for the use of radial access in interventional angiocardiology. Moscow: ACB Publishing House, 2017. 176 p. (In Russian)
  21. Brilakis E.S., Simsek B., Kostantinis S. Distal radial access: A better way to the heart? *Kardiol. Pol.* 2022, 80 (6), 635–637. <https://doi.org/10.33963/KP.a2022.0131>
  22. Gergoudis M., Raizman N. Acute Compartment Syndrome as a Complication of Radial Artery Catheterization. *J. Hand. Surg. Glob. Online.* 2022, 4 (4), 230–232. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2022.03.002>
  23. Babunashvili A.M., Pancholy S., Zulkarnaev A.B. et al. Traditional Versus Distal Radial Access for Coronary Diagnostic and Revascularization Procedures: Final Results of the TENDERA Multicenter, Randomized Controlled Study. *Catheter Cardiovasc. Interv.* 2024, 104 (7), 1396–1405. <https://doi.org/10.1002/ccd.31271>
  24. Duckworth A.D., McQueen M.M. The diagnosis of acute compartment syndrome: a critical analysis review. *JBJS Rev.* 2017, 5 (12), e1. <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.17.00016>
  25. Sanmartín M., Cuevas D., Goicolea J. et al. Vascular complications associated with radial artery access for cardiac catheterization. *Rev. Esp. Cardiol.* 2004, 57, 581–584. PMID: 15225506
  26. Calviño-Santos R.A., Vázquez-Rodríguez J.M., Salgado-Fernández J. et al. Management of iatrogenic radial artery perforation. *Catheter Cardiovasc. Interv.* 2004, 61 (1), 74–78. <https://doi.org/10.1002/ccd.10698>
  27. Sandoval Y., Bell M.R., Gulati R. Transradial artery access complications. *Circ. Cardiovasc. Interv.* 2019, 12 (11), e007386. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.119.007386>
  28. Yamamoto Y., Kudo T., Igari K. et al. Radial artery aneurysm in the anatomical snuff box: A case report and literature review. *Int. J. Surg. Case Rep.* 2016, 27, 44–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2016.08.015>
  29. Zegrí I., García-Touchard A., Cuenca S. et al. Radial artery pseudoaneurysm following cardiac catheterization: clinical features and nonsurgical treatment results. *Rev. Esp. Cardiol. (Engl. Ed.).* 2015, 68 (4), 349–351. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2014.11.013>
  30. Juenger J., Mahlmann A., Udelnow A. et al. The Role of Anticoagulants and Platelet Aggregation Inhibitors in the Treatment of Pseudoaneurysms and Risk of Venous Thrombosis. *Angiology.* 2024, 75 (2), 156–165. <https://doi.org/10.1177/00033197221143321>
  31. Sanhoury M.I., Sobhy M.A., Saddaka M.A. et al. Distal radial approach between theory and clinical practice. Time to go distal! *Egypt Heart J.* 2022, 74 (1), 8. <https://doi.org/10.1186/s43044-022-00243-3>
  32. Каледин А.Л., Кочанов И.Н., Подметин П.С., Селецкий С.С., Ардеев В.Н., Гарин Ю.Ю., Козаев А.В., Ибрагимов И.М. Дистальный отдел лучевой артерии при эндоваскулярных вмешательствах. *Эндоваскулярная хирургия.* 2017, 4 (2), 125–133. <https://doi.org/10.24183/2409-4080-2017-4-2-125-133>  
Kaledin A.L., Kochanov I.N., Podmetin P.S. et al. Distal part of the radial artery in endovascular interventions. *Endovascular Surgery.* 2017, 4 (2), 125–133. <https://doi.org/10.24183/2409-4080-2017-4-2-125-133> (In Russian)
  33. Dehghani P., Culig J., Patel D. et al. Arteriovenous fistula as a complication of transradial coronary angiography: a case report. *J. Med. Case Reports.* 2013, 7, 21. <https://doi.org/10.1186/1752-1947-7-21>



34. Hadjivassiliou A., Kiemeneij F., Nathan S., Klass D. Ultrasound-guided access to the distal radial artery at the anatomical snuffbox for catheter-based vascular interventions: a technical guide. *EuroIntervention*. 2021, 16 (16), 1342–1348. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-19-00555>
35. Chugh S.K., Chugh Y., Chugh S. How to tackle complications in radial procedures: Tip and tricks. *Indian Heart J*. 2015, 67 (3), 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2015.05.016>
36. Каледин А.Л., Кочанов И.Н., Подметин П.С., Селецкий С.С., Ардеев В.Н., Гарин Ю.Ю. Реканализация посткатетеризационной окклюзии лучевой артерии. Любопытство или необходимость. *Международный журнал интервенционной кардиоангиологии*. 2018, 54/55, 20–33.  
Kaledin A.L., Kochanov I.N., Podmetin P.S. et al. Recanalization of post-catheterization occlusion of the radial artery. Curiosity or necessity. *International Journal of Interventional Cardioangiology*. 2018, 54/55, 20–33.
37. Xiong J., Hui K., Xu M. et al. Distal radial artery as an alternative approach to forearm radial artery for perioperative blood pressure monitoring: a randomized, controlled, non-inferiority trial. *BMC Anesthesiol*. 2022, 22 (1), 67. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01609-5>
38. Shroff A.R., Gulati R., Drachman D.E. et al. SCAI expert consensus statement update on best practices for transradial angiography and intervention. *Catheter Cardiovasc. Interv*. 2020, 95 (2), 245–252. <https://doi.org/10.1002/ccd.28672>
39. Ho H.H., Jafary F.H., Ong P.J. Radial artery spasm during transradial cardiac catheterization and percutaneous coronary intervention: incidence, predisposing factors, prevention, and management. *Cardiovasc. Revasc. Med*. 2012, 13 (3), 193–195. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2011.11.003>
40. Lu H., Wu D., Chen X. Comparison of Distal Transradial Access in Anatomic Snuffbox Versus Transradial Access for Coronary Angiography. *Heart Surg. Forum*. 2020, 23 (4), E407–E410. <https://doi.org/10.1532/hhf.3041>
41. Sgueglia G.A., Hassan A., Harb S. et al. International Hand Function Study Following Distal Radial Access: The RATATOUILLE Study. *JACC Cardiovasc. Interv*. 2022, 15 (12), 1205–1215. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2022.04.023>

## Сведения об авторах [Authors info]

**Каледин Александр Леонидович** – канд. мед. наук, специалист по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению ФГБОУ ВО “Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0003-0581-6132>

\* **Адрес для переписки:** Каледин Александр Леонидович – e-mail: [alkaledin@mail.ru](mailto:alkaledin@mail.ru)

**Aleksandr L. Kaledin** – Cand. of Sci. (Med.), Physician of X-ray Endovascular Diagnosis and Treatment, I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg. <https://orcid.org/0000-0003-0581-6132>

\* **Address for correspondence:** Aleksandr L. Kaledin – e-mail: [alkaledin@mail.ru](mailto:alkaledin@mail.ru)

**Статья получена** 31 октября 2024 г.  
**Manuscript received** on October 31, 2024.

**Принята в печать** 14 января 2025 г.  
**Accepted for publication** on January 14, 2025.

## Рентгенэндоваскулярное лечение больных нерезектабельной внутрипеченочной холангиокарциномой

А.С. Турлак\*, А.В. Козлов, П.Г. Таразов, А.А. Поликарпов

ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

**Актуальность.** Радикальная операция позволяет достичь наилучших результатов лечения больных внутрипеченочной холангиоцеллюлярной карциномой (ХЦК), однако нерезектабельные случаи составляют более 70%. Регионарная химиотерапия (РХТ) может являться альтернативой системной химиотерапии (СХТ) у таких пациентов.

**Цель исследования:** определить безопасность и эффективность РХТ при лечении больных нерезектабельной внутрипеченочной ХЦК.

**Материал и методы.** В исследование включено 112 пациентов с нерезектабельной ХЦК, получивших в РНЦРХТ имени академика А.М. Гранова (2012–2023 гг.) РХТ в виде комбинации химиоэмболизации (ХЭ) и химиоинфузии в печеночную артерию. Всего выполнен 481 цикл (в среднем 4 у одного пациента) по схемам: гемцитабин+оксалиплатин (GEMOX), гемцитабин+цисплатин (GEMCIS) и доксорубин (ХЭ) + оксалиплатин+5-фторурацил+лейковорин (DOX + FOLFOX).

**Результаты.** Летальных исходов, связанных с выполнением ангиографии и РХТ, не было. Экстренная операция в объеме резекции ложной аневризмы в месте пункции бедренной артерии потребовалась в одном (0,9%) случае. Постэмболизационный синдром развился у 37,5% больных. Нежелательные явления химиотерапевтического лечения не превышали 2-й степени. Медиана времени до прогрессирования составила 4,1 (95% ДИ 1,5–6,2) мес, медиана общей выживаемости – 13,9 (95% ДИ 11,0–17,1) мес, показатели 1, 2, 3-летней выживаемости – 54,5, 23,2, 12,5% соответственно.

**Заключение.** РХТ является относительно безопасным и эффективным методом лечения нерезектабельной ХЦК.

**Ключевые слова:** регионарная химиотерапия; нерезектабельная внутрипеченочная холангиокарцинома; химиоэмболизация; химиоинфузия

**Для цитирования:** А.С. Турлак, А.В. Козлов, П.Г. Таразов, А.А. Поликарпов. Рентгенэндоваскулярное лечение больных нерезектабельной внутрипеченочной холангиокарциномой. *Международный журнал интервенционной кардиоангиологии.* 2024; 79 (4): 46–60. <https://doi.org/10.24835/1727-818X-79-46>

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Источники финансирования:** работа выполнена без спонсорской поддержки.

## X-ray endovascular treatment of patients with unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma

A.S. Turlak\*, A.V. Kozlov, P.G. Tarazov, A.A. Polikarpov

A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies, Saint-Petersburg, Russia

**Relevance.** Definitive surgery allows achieving the best outcomes for patients with intrahepatic cholangiocellular carcinoma (CCC), but unresectable cases account for more than 70%. Regional chemotherapy (RCT) may be an alternative to systemic chemotherapy (SCT) in such patients.

**Study Objective.** To determine the safety and efficacy of the RCT used for the treatment of patients with unresectable intrahepatic CCC.

**Material and Methods.** The study involved 112 patients with unresectable CCC, who underwent RCT at the Russian Research Center for Radiology and Surgical Technologies named after Academician A.M. Granov (2012-2023) as a combination of chemoembolization (CE) and chemoinfusion (ChI) into the hepatic artery.

A total of 481 cycles were performed (four cycles per patient on average) according to the following regimens: gemcitabine + oxaliplatin (GEMOX), gemcitabine + cisplatin (GEMCIS), and doxorubicin (DX) + oxaliplatin + 5-fluorouracil + leucovorin (DOX + FOLFOX).

**Results.** There were no lethal outcomes related to arteriography and RCT. Emergency surgery to resect a false aneurysm at the site of femoral artery puncture was required in one case (0.9%). Post-embolization syndrome occurred in 37.5% of patients. Chemotherapy-related adverse events did not exceed grade 2. The median time to progression was 4.1 (95% CI 1.5–6.2) months; median overall survival was 13.9 (95% CI 11.0–17.1) months. The 1-, 2-, 3-year survival rates were 54.5, 23.2, and 12.5%, respectively.

**Conclusion.** RCT is relatively safe and effective treatment method for unresectable CCC.

**Keywords:** regional chemotherapy; unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma; chemoembolization; chemoinfusion

**For citation:** A.S. Turlak, A.V. Kozlov, P.G. Tarazov, A.A. Polikarpov. X-ray endovascular treatment of patients with unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma. *International Journal of Interventional Cardioangiology*. 2024; 79 (4): 46–60. <https://doi.org/10.24835/1727-818X-79-46>

**Conflict of interest:** The authors declare that they have no conflict of interest.

## Краткий тезис

В статье приведены результаты собственного исследования авторов по локорегиональному лечению нерезектабельной внутрипеченочной холангиоцеллюлярной карциномы; описана методика выполнения регионарной химиотерапии; представлены данные литературы.

## Список сокращений

- DOX + FOLFOX (доксорубицин + оксалиплатин + 5-фторурацил + лейковорин)
- ECOG – Eastern Cooperative Oncology Group
- GEMOX – гемцитабин и оксалиплатин
- GEMCIS – гемцитабин и цисплатин
- ДИ – доверительный интервал
- ОПА – общая печеночная артерия
- РХТ – регионарная химиотерапия
- СХТ – системная химиотерапия
- ХИ – химиоинфузия
- ХЦК – холангиоцеллюлярная карцинома
- ХЭ – химиоэмболизация
- ЧС – чревный ствол

## Введение

Внутрипеченочная холангиоцеллюлярная карцинома (ХЦК) является вторым по частоте после гепатоцеллюлярного рака первичным злокачественным новообразованием печени (1). Хирургическое удаление опухоли остается единственным радикальным методом лечения. К сожалению, даже после R0-резекции 5-летняя выживаемость составляет 20–35%, а рецидив встречается в 80% случаев (2, 3).

Резекция печени возможна лишь на ранних стадиях заболевания, тогда как местнораспространенный опухолевый процесс выявляется при первичном обращении у более чем 70% (4, 5). Медиана выживаемости больных нерезектабельной внутрипеченочной ХЦК без специфической терапии составляет менее 7,5 мес, а 5-летняя выживаемость – 6–10% (6, 7).

Системная химиотерапия (СХТ) препаратами гемцитабин и цисплатин (GEMCIS) является первой линией противоопухолевого лечения неоперабельных больных ХЦК (8–10). При этом частота объективного ответа не превышает 40%, а медиана выживаемости менее 12 мес (2, 11). Сочетание схемы GEMCIS с иммунной терапией рассматривается в качестве предпочтительного варианта терапии: показатель общей выживаемости у больных, завершивших курс, может увеличиться до 12,8 мес (12). В то же время СХТ вызывает серьезные нежелательные явления у 2/3 больных, что приводит к удлинению временного промежутка между циклами или их прерыванию (13, 14).

По данным некоторых исследователей, использование регионарной химиотерапии (РХТ) местнораспространенной ХЦК позволило снизить системную токсичность и увеличить медиану выживаемости до 27 мес (15–17). Тем не менее имеющиеся в доступной литературе систематические обзоры и метаанализы характеризуются гетерогенностью групп больных, методик и схем химиотерапии.

**Цель исследования:** определение безопасности и эффективности РХТ в лечении больных нерезектабельной внутрипеченочной ХЦК.



## Материал и методы

За период 2012–2023 гг. в РНЦРХТ имени академика А.М. Гранова паллиативную РХТ провели у 112 больных нерезектабельной ХЦК. База данных пациентов закрыта для анализа в сентябре 2024 г. Проводимые методы лечения были одобрены на заседаниях комитета по этике: протоколы №05-18 от 28 ноября 2018 г. и №01-09 от 22 сентября 2023 г.

Критериями включения в исследование являлись: возраст старше 18 лет; гистологически верифицированная ХЦК; нерезектабельный опухолевый процесс; стадия заболевания T2–4N0–1M0–1 (lymph); состояние по шкале ECOG 0–2 балла.

Критерии исключения: наличие метастазов в другие органы, карциноматоз; сопутствующая соматическая патология в стадии суб- или декомпенсации; проведение иммунной или таргетной терапии; общий билирубин более 60 мкмоль/л; асцит II или III степени; невозможность селективной катетеризации опухолевых сосудов для выполнения химиоэмболизации (ХЭ); выраженный стеноз или окклюзия чревного ствола (ЧС) и общей печеночной артерии (ОПА); клинические или лабораторные признаки острого воспаления или сепсиса.

Каждый цикл РХТ состоял из диагностического и лечебного этапов: прямой ангиографии гепатопанкреатобилиарной зоны с последующей селективной ХЭ и химиоинфузии (ХИ). После пункции бедренной артерии по Сельдингеру выполняли диагностическую ангиографию верхней брыжеечной артерии и ЧС для определения сосудистой анатомии, степени неоваскуляризации, опухолевой инвазии в магистральные сосуды и технической возможности выполнения различных видов РХТ.

Для выполнения ХЭ артериальный катетер устанавливали селективно в опухолевые сосуды. Затем вводили химиоэмболизат, который готовили в рентгеноперационной непосредственно перед введением: цитостатик смешивали с 1:5 дистиллированной воды и 2–3 мм водорастворимого контрастного вещества. К получившемуся раствору добавляли 3–6 мл сверхжидкого липиодола и встряхивали шприц в течение 3 мин. Полученную суспензию вводили медленно под рентгеноскопическим контролем. Затем добавляли мелко нарезанные кусочки (2 × 2, 2 × 4 мм) гемостатической губки до редукции кровотока с целью уменьшения не-

васкуляризации. После выполнения контрольного снимка катетер устанавливали в собственной печеночной артерии, ОПА или ЧС для регионарной ХИ. Кончик катетера располагали дистальнее левой желудочной артерии для профилактики развития гастрита или язвы, обусловленных воздействием химиотерапевтических препаратов.

Химиотерапию проводили по схемам GEMOX, GEMCIS или FOLFOX. Дозировки химиопрепаратов рассчитывали в соответствии с клиническими рекомендациями, при этом дозу редуцировали на 1/3, учитывая внутриартериальный локорегионарный путь введения. Циклы РХТ повторяли 1 раз в месяц. При прогрессировании заболевания (внутрипеченочном метастазировании или увеличении основного очага в печени) осуществляли смену схемы GEMCIS/GEMOX на DOX+FOLFOX.

Из 112 пациентов было 78 женщин и 34 мужчины в возрасте от 37 до 84 (средний 61,9) лет. РХТ проводили в качестве первой линии противоопухолевой терапии у 80 пациентов и в качестве второй линии у 32 после неэффективности СХТ. Причиной смены метода лечения стал продолженный рост опухоли в печени (59,4%) и/или токсические осложнения внутривенной химиотерапии (40,6%); все нежелательные явления были купированы до начала РХТ. Степень дифференцировки была низкой у 36,6% больных, умеренной у 47,3%, высокой у 16,1%. Физический статус пациентов по шкале ECOG составил 0, 1 и 2 балла у 53 (47,3%), 48 (42,9%) и 11 (9,8%) соответственно. Всего провели 481 цикл РХТ (от 1 до 31, в среднем 4,3) по схемам GEMOX, GEMCIS и DOX + FOLFOX. Из-за внутрипеченочного прогрессирования первую линию РХТ (GEMCIS/GEMOX) сменили на вторую (DOX + FOLFOX) у 15 больных. Один цикл РХТ был выполнен у 31 (27,7%), два цикла – у 22 (19,6%), три и более – у 59 (52,7%) пациентов.

Для анализа результатов исследования использовали пакет программ статистической обработки данных MedCalc версия 19.1.3. (2019). С целью оценки показателей времени до прогрессирования и общей выживаемости на всем протяжении наблюдения использовали метод построения таблиц дожития методом Каплана–Мейера. Критериями статистической достоверности считались различия с вероятностью ошибки менее 5% ( $p < 0,05$ ). Показатели выживаемости

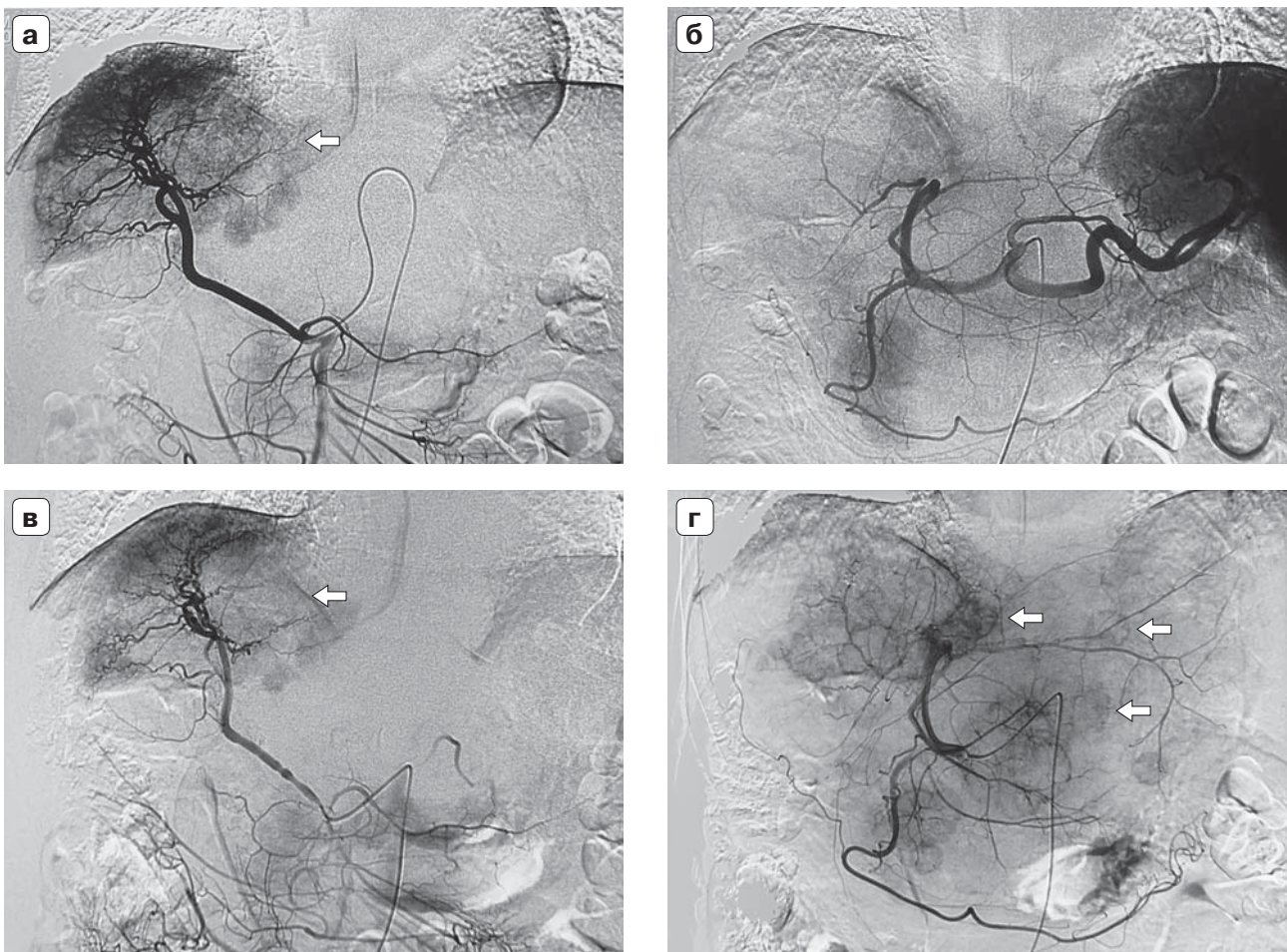
мости высчитывали от начала противоопухолевого лечения.

Нежелательные явления ангиографии и PXT оценивали по классификации CIRSE (2017) и критериям NCI CTCAE, v 5.0.

### Результаты исследования

Летальных исходов, связанных с выполнением артериографии и PXT, не было. Осложнения рентгенэндоваскулярных вмешательств развились у нескольких пациентов. Гематома в области пункции бедренной артерии образовалась у одного (0,9%) больного и не требовала хирургического лечения (осложнение 1-й степени по классификации CIRSE, 2017). Проведение экстренной опе-

рации в объеме резекции ложной аневризмы, образовавшейся в месте пункции общей бедренной артерии, потребовалось в другом случае (0,9%) (осложнение 3-й степени). Постэмболизационный синдром в виде абдоминальных болей, лихорадки развился у 39 (34,8%) пациентов, у 18 потребовалось назначение наркотических анальгетиков (осложнение 2-й степени). Гематологическая токсичность 1-й степени была отмечена у 28,6% ( $n = 32$ ) и не требовала дополнительной терапии; только у 2 (1,8%) больных развилась анемия II степени, которая была купирована назначением препаратов железа. Нейтропения III степени была выявлена у 0,9% ( $n = 1$ ), что по-



**Рис. 1.** Ангиограммы больного М., 57 лет, внутripеченочная холангиокарцинома.

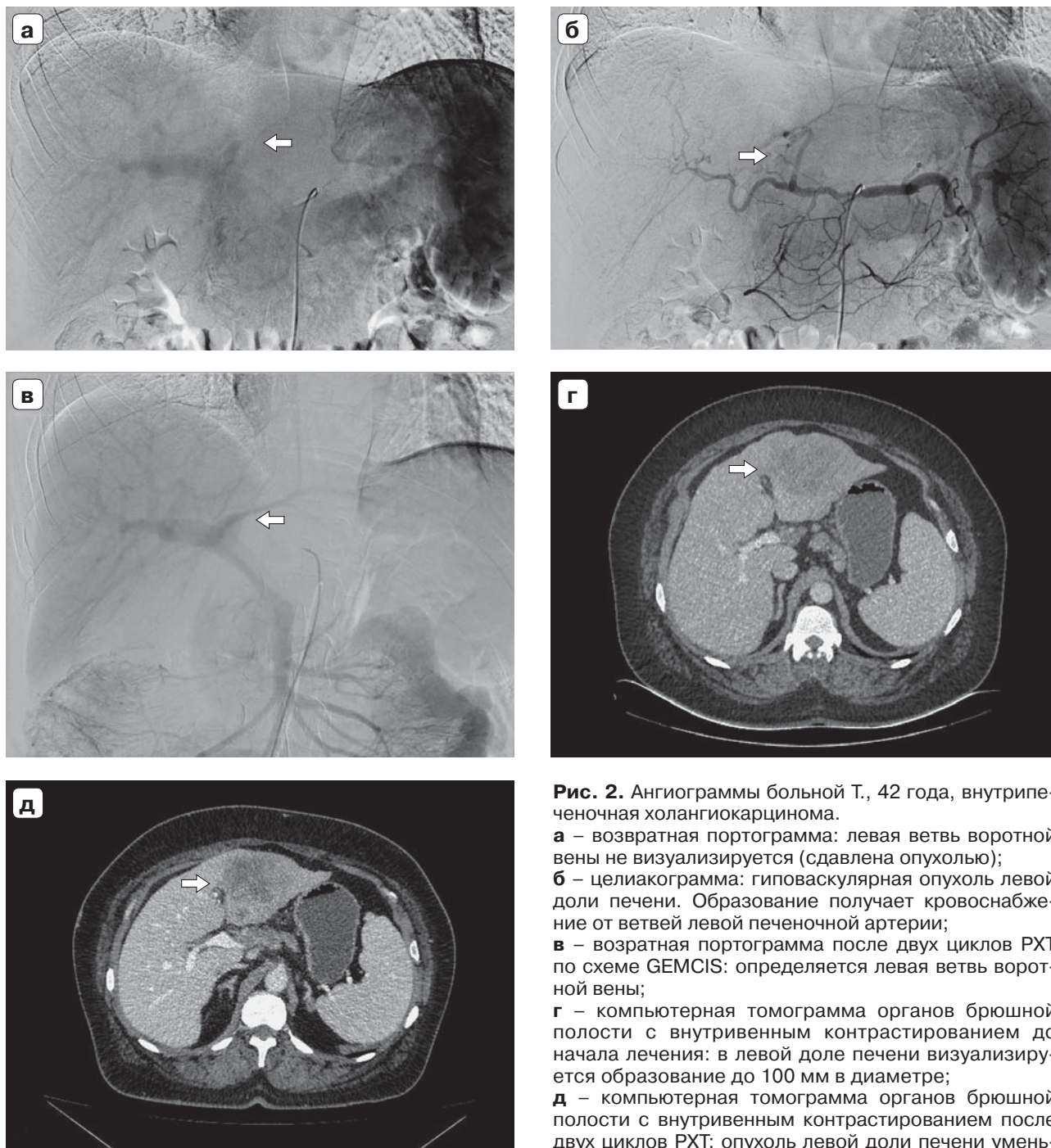
**а** – селективная ангиограмма замещающей правой печеночной артерии от верхней брыжеечной артерии: в проекции  $S_{VII}$  с распространением на  $S_{VI}$  и  $S_{VIII}$  печени визуализируется патологическое образование со смешанной васкуляризацией, содержащее опухолевые сосуды;

**б** – целиакограмма: кровоснабжение опухоли из ветвей чревного ствола отсутствует; патологических образований в левой доле печени не определяется;

**в** – селективная ангиограмма замещающей правой печеночной артерии через 6 мес от начала лечения: опухоль прежних размеров, отмечаются уменьшение ее неоваскуляризации, аваскулярные зоны;

**г** – целиакография спустя 20 мес от начала лечения; прогрессирование: визуализируются очаги *de novo* в левой доле печени.





**Рис. 2.** Ангиограммы больной Т., 42 года, внутривенная холангиокарцинома.  
**а** – возвратная портограмма: левая ветвь воротной вены не визуализируется (сдавлена опухолью);  
**б** – целиакограмма: гиповаскулярная опухоль левой доли печени. Образование получает кровоснабжение от ветвей левой печеночной артерии;  
**в** – возвратная портограмма после двух циклов РХТ по схеме GEMCIS: определяется левая ветвь воротной вены;  
**г** – компьютерная томограмма органов брюшной полости с внутривенным контрастированием до начала лечения: в левой доле печени визуализируется образование до 100 мм в диаметре;  
**д** – компьютерная томограмма органов брюшной полости с внутривенным контрастированием после двух циклов РХТ: опухоль левой доли печени уменьшилась до 80 мм в диаметре.

требовало назначения стимуляторов лейкопоэза. Гастроинтестинальная токсичность 1–2-й степени развилась у 16,1% (n = 18) и была купирована симптоматической терапией в течение 1–2 сут. Гепатотоксичность 1–2-й степени проявилась у 36 (32,1%) пациентов и была разрешена консервативно. У одной (0,9%) пациентки противоопухолевое лечение осложнилось развитием макулезно-папулезной сыпи, которая усиливалась в первые 2 сут после РХТ.

В настоящее время живы 9 больных в сроки от 10 до 82 (медиана 15,5) мес. После проведения эндоваскулярного лечения частичный ответ достигнут у 24 (21,4%), стабилизация – у 71 (63,4%), прогрессирование – у 17 (15,2%) пациентов. Медианы времени до прогрессирования и общей выживаемости составили 4,06 (95% ДИ 1,5–6,2) и 13,9 (95% ДИ 11,0–17,1) мес, а показатели 1, 2, 3-летней выживаемости – 52,7, 20,5, 11,6% соответственно (рис. 1, 2).



## Обсуждение

РХТ успешно применяется в лечении первичных и метастатических опухолей печени. Селективное внутриартериальное введение цитостатика позволяет достичь его высокой концентрации в новообразовании со снижением системной токсичности (18–20). В основе методики РХТ лежит особенность кровоснабжения опухоли, которая на 90–95% осуществляется из печеночной артерии. В то же время здоровая паренхима питается на 70% из воротной вены и только на 30% артериальной кровью.

Из методов РХТ наиболее часто применяются ХИ и ХЭ. ХИ дает возможность увеличить концентрацию химиопрепарата в опухоли за счет эффекта “первого прохождения”. ХЭ сочетает в себе эффекты ХИ и механической эмболизации, вызывающей ишемию опухолевой ткани. В настоящее время используют масляную ХЭ, при которой в опухолевые сосуды вводится суспензия химиопрепарата с масляным контрастным веществом (липиодол) и возможной последующей окклюзией питающего сосуда, а также ХЭ с лекарственно-насыщаемыми микросферами (DEB; drug-eluting beads).

Несмотря на рост числа публикаций, посвященных локорегионарному лечению внутривенной ХЦК, эффективность ХЭ и ХИ остается до конца не изученной (21, 22). Также не определено, какую методику РХТ и в какой последовательности следует применять.

J. Wang и соавт. (2023) сравнивали эффективность ХЭ иринотеканом с применением микросфер или липиодола у 40 пациентов. Результаты лечения микросферами оказались лучше: частота ответа, медиана общей выживаемости и однолетняя выживаемость составили 70%, 11,5 мес и 50% против 20%, 9,0 мес и 35%. Болевой синдром и гепатотоксичность не превышали 1–2-й степени и были купированы консервативно. Осложнение, потребовавшее хирургического вмешательства, было отмечено у одного (5%) пациента в группе ХЭ с DEB (23). Схожие данные опубликовали T. Sun и соавт. (2022) (24).

В одном из немногих отечественных исследований Б.И. Долгушин и соавт. (2015) выполнили 82 цикла масляной ХЭ с доксорубицином, гемцитабином в комбинации с митомицином С, митоксатроном с 5-фторурацилом у 33 пациентов с ХЦК: медиана выживаемости составила 9 мес. Частичный ответ

отмечен у 29%, стабилизация – у 46%, прогрессирование – у 25%. Авторы отметили, что наилучшие результаты (12 мес) были достигнуты при применении комбинации препаратов гемцитабин + митомицин С (25).

Лучшие показатели выживаемости были опубликованы Y. Ge и соавт. (2020). При использовании масляной ХЭ с 5-фторурацилом, гидроксикамптотецином и эпирубицином у 185 больных нерезектабельной ХЦК авторы получили медиану выживаемости почти 27 мес, а показатель однолетней выживаемости составил 65% (26).

Выполнение эндоваскулярной эмболизации опухолевых сосудов без использования химиотерапевтических препаратов также позволило увеличить выживаемость у больных нерезектабельной внутривенной ХЦК. Так, по данным S. Velayati и соавт. (2023), эмболизация полиэтиленовыми микросферами в комбинации с СХТ была относительно безопасной: осложнения 3-й степени развились у 8,5%, а постэмболизационный синдром – у 14,7% больных. Частота ответа на эндоваскулярное лечение составила 79,4%, а медианы времени до прогрессирования и общей выживаемости – 4 и 13 мес (15).

Объединенный анализ M. Owen и соавт. (2023) показал, что общая выживаемость в группах ХИ и ХЭ статистически значимо не различалась: 10,1–31,1 мес и 6–30 мес. Однако большинство публикаций свидетельствует о том, что результаты лечения больных ХЦК при использовании ХИ лучше, чем при ХЭ (21). Так, по данным метаанализа J. Edeline и соавт. (2021), ответ на лечение был получен у 41%, в то время как после ХЭ только у 23%. Медиана общей выживаемости также была выше в группе ХИ: 21 мес по сравнению с 16 мес (22).

Z. Cai и соавт. (2021) доказали, что проведение ХИ по схеме FOLFOX повысило эффективность лечения по сравнению с масляной ХЭ с митомицином, эпирубицином и карбоплатином: средняя продолжительность жизни и показатели 1–2-летней выживаемости составили 19,0 мес и 60,1–38,6% против 10,8 мес и 42,9–29,4% соответственно. Однако частота развития миелосупрессии и гастроинтестинальной токсичности в группе ХИ была выше (17).

M. Ishii и соавт. (2022) выполнили ХИ препаратами гемцитабин, цисплатин и 5-фторурацил у 18 пациентов. Ответ на лечение был получен у 37,5%, медиана выживаемости составила 20,6 мес, а однолетняя выжи-

ваемость – 75%. У 11 пациентов на фоне лечения развилась гематологическая токсичность 3–4-й степени (14).

S. Franssen и соавт. (2024) сравнивали ближайшие и отдаленные результаты ХИ и СХТ у 192 больных. В группе ХИ результаты были значительно лучше: средняя продолжительность жизни и 3-летняя выживаемость составили 27,7 мес и 34,3% против 11,8 мес и 3,5%. Исследователи отметили, что у пациентов, которым назначили РХТ во второй линии (при неэффективности СХТ), медиана выживаемости была выше – 30 мес, тогда как в первой линии она составила 27 мес (16). Эти результаты подтверждаются объединенным обзором J. Edeline и соавт. (2021): средняя общая выживаемость при СХТ с последующей РХТ оказалась выше, чем в РХТ в первой линии: 25,2 мес против 15,7 мес соответственно (22). Наиболее распространенным показанием к локорегионарному лечению во второй линии является химиорезистентность (прогрессирование заболевания в печени) или развитие токсических явлений на фоне СХТ (15).

В нашем исследовании РХТ была использована в качестве второй линии при неэффективности и/или непереносимости СХТ в 28,8% случаев. Перед назначением эндоваскулярного лечения нежелательные явления предыдущей терапии были купированы, что позволило провести внутриартериальную химиотерапию без серьезных нежелательных явлений.

Комбинация эндоваскулярного лечения и СХТ способствует увеличению продолжительности жизни у больных нерезектабельной внутripеченочной ХЦК. Так, Y. Hu и соавт. (2020) сравнивали эффективность ХЭ (липиодолом или DEB) плюс пероральный прием апатиниба с монотерапией апатинибом. Все методики ХЭ проводили по схеме GEMCIS. В группе ХЭ с DEB медиана выживаемости и частота объективного ответа

составили 19,3 мес и 84,6%, в группе ХЭ с липиодолом – 14,0 мес и 75,0%, при применении только апатиниба – 6,5 мес и 40%. Нежелательные явления не превышали 1–2-й степени, однако в группе ХЭ с DEB чаще развивались гастроинтерстициальная токсичность и гепатотоксичность, а также гематологические осложнения (27).

A. Cercek и соавт. (2020), применяя ХИ с флоксуридином и внутривенное введение гемцитабина и оксалиплатина у 38 пациентов, получили частоту ответа 58%. Медиана выживаемости составила 25 мес, а однолетняя выживаемость увеличилась практически до 90%. Однако у 2 пациентов после эндоваскулярного лечения развилась аневризма гастродуоденальной артерии. Осложнения 3–4-й степени составили <50% и были преимущественно связаны с гепатотоксичностью. “Химический” билиарный склероз развился у 4 больных и потребовал выполнения стентирования желчных протоков (28).

В доступной литературе мы не обнаружили исследований эффективности комбинации ХИ и ХЭ у пациентов с нерезектабельной внутripеченочной ХЦК. В нашей работе во всех случаях выполняли оба вида эндоваскулярного лечения при каждом цикле химиотерапии.

Тяжелых нежелательных явлений РХТ не наблюдали, что свидетельствует о ее безопасности. Токсические эффекты РХТ не превышали 1–2-й степени и легко корректировались симптоматической терапией, что свидетельствует о хорошей переносимости лечения.

## Заключение

Проведенное исследование и данные мировой литературы свидетельствуют об относительной безопасности и эффективности внутриартериального химиотерапевтического лечения пациентов с нерезектабельной внутripеченочной ХЦК.

## Brief abstract

The article presents the authors' own research results on locoregional treatment of unresectable intrahepatic cholangiocellular carcinoma; the technique of regional chemotherapy is described; literature data are provided.

## Abbreviations

DOX + FOLFOX - doxorubicin + oxaliplatin + 5-fluorouracil + leucovorin

ECOG – Eastern Cooperative Oncology Group

GEMOX – gemcitabine and oxaliplatin

GEMCIS – gemcitabine and cisplatin

CI – confidence interval

CHA – common hepatic artery

RCT – regional chemotherapy

SCT – systemic chemotherapy

ChI – chemoinfusion

CCC – cholangiocellular carcinoma

CE – chemoembolization

CA – celiac artery

## Introduction

Intrahepatic cholangiocellular carcinoma (CCC) is the second most common primary malignant liver tumor after hepatocellular carcinoma (1). Surgical tumor removal remains the only definitive treatment method. Unfortunately, even after R0 resection, the 5-year survival rate is 20–35%, and recurrence occurs in 80% of cases (2, 3).

Liver resection is feasible only at early stages of the disease, whereas locally advanced tumor is diagnosed in more than 70% of patients at initial presentation (4, 5). The median survival of patients with unresectable intrahepatic CCC without specific therapy is less than 7.5 months, with a 5-year survival rate of 6–10% (6, 7).

CT with gemcitabine and cisplatin (GEMCIS) is the first-line antitumor treatment for patients with inoperable CCC (8–10). However, the objective response rate does not exceed 40%, and the median survival is less than 12 months (2, 11). The combination of GEMCIS with immunotherapy is considered a preferable treatment option: in patients completed the course an overall survival rate may increase up to 12.8 months (12). At the same time, CT induces severe adverse events in two-thirds of patients, leading to prolonged intervals between cycles or their interruption (13, 14).

According to some researchers, the use of RCT for locally advanced CCC allowed to reduce systemic toxicity and increase median survival to 27 months (15–17). However, systematic reviews and meta-analyses available in the literature demonstrate heterogeneity in patient groups, methodologies, and chemotherapy regimens.

The aim of our study was to assess the safety and efficacy of RCT in the treatment of patients with unresectable intrahepatic CCC.

## Material and methods

From 2012 to 2023, at the Russian Research Center for Radiology and Surgical Technologies named after Academician A.M. Granov, palliative RCT was performed in 112 patients with unresectable CCC. The patient database was closed for analysis in September 2024. The used treatment methods were approved by the Ethics Committee: Minutes No. 05-18 dated November 28, 2018, and Minutes No. 01–09 dated September 22, 2023.

Study inclusion criteria were as follows: age over 18 years; histologically confirmed CCC; unresectable tumor; disease stage T2-4N0-1M0-1 (lymph); ECOG performance status of 0–2.

Exclusion criteria: presence of metastases in other organs, carcinomatosis; severe comorbidities in sub- or decompensation stages; prior immunotherapy or targeted therapy; total bilirubin > 60  $\mu\text{mol/L}$ ; grade II or III ascites; inability to perform selective catheterization of tumor vessels for chemoembolization (CE); severe stenosis or occlusion of the celiac artery (CA) and common hepatic artery (CHA); clinical or laboratory signs of acute inflammation or sepsis.

Each RCT cycle consisted of diagnostic and therapeutic stages: direct angiography of the hepatopancreatobiliary region, followed by selective CE and ChI. After puncturing the femoral artery using the Seldinger technique, diagnostic angiography of the superior mesenteric artery and CA was performed to assess vascular anatomy, neovascularization, tumor invasion into major vessels, and technical feasibility of various RCT methods.

For CE, an arterial catheter was selectively inserted in tumor vessels. Then the chemoembolization agent was administered, which prepared immediately before administration in the X-ray operating room: cytostatic was mixed



with distilled water (1 : 5) and 2–3 mL of water-soluble contrast agent. To the obtained solution, 3–6 mL of Lipiodol Ultra Fluid was added, and the mixture was shaken for 3 minutes. The resulting suspension was slowly injected under X-ray guidance. Then, finely chopped pieces (2 × 2, 2 × 4 mm) of hemostatic sponge were added to reduce blood flow and decrease neo-vascularization. After a control scan, the catheter was positioned in the proper hepatic artery, CHA, or CA for the regional ChI. The catheter tip was placed distally to the left gastric artery to prevent chemotherapy-induced gastritis or ulceration.

Chemotherapy was performed according to GEMOX, GEMCIS, or FOLFOX regimens. Drug dosages were calculated based on clinical guidelines, with a one-third dose reduction due to intra-arterial loco-regional route of administration. RCT cycles were repeated monthly. Upon disease progression (intrahepatic metastasis or primary tumor growth), the GEMCIS/GEMOX regimen was switched to DOX + FOLFOX.

Among the 112 patients, 78 were women and 34 were men, aged 37–84 years (mean 61.9). RCT was used as the first-line therapy in 80 patients and as second-line therapy in 32 patients after the failure of SCT. The reason for changing the treatment regimen was the continued tumor growth in the liver (59.4%) and/or toxic complications of intravenous chemotherapy (40.6%). All adverse effects were resolved before initiating RCT. Tumor differentiation was low in 36.6% of patients, moderate in 47.3%, and high in 16.1%. ECOG performance status was 0, 1, and 2 in 53 (47.3%), 48 (42.9%), and 11 (9.8%) patients, respectively. A total of 481 RCT cycles (from 1 to 31, mean 4.3) were performed using GEMOX, GEMCIS, and DOX + FOLFOX regimens. Due to intrahepatic progression, first-line RCT (GEMCIS/GEMOX) was switched to second-line (DOX + FOLFOX) in 15 patients. One RCT cycle was performed in 31 (27.7%) patients, two cycles in 22 (19.6%), and three or more in 59 (52.7%) patients.

Study data analysis was conducted using MedCalc statistical software version 19.1.3 (2019). To assess the time to progression and overall survival rates throughout the follow-up period, the Kaplan-Meier method of construct-

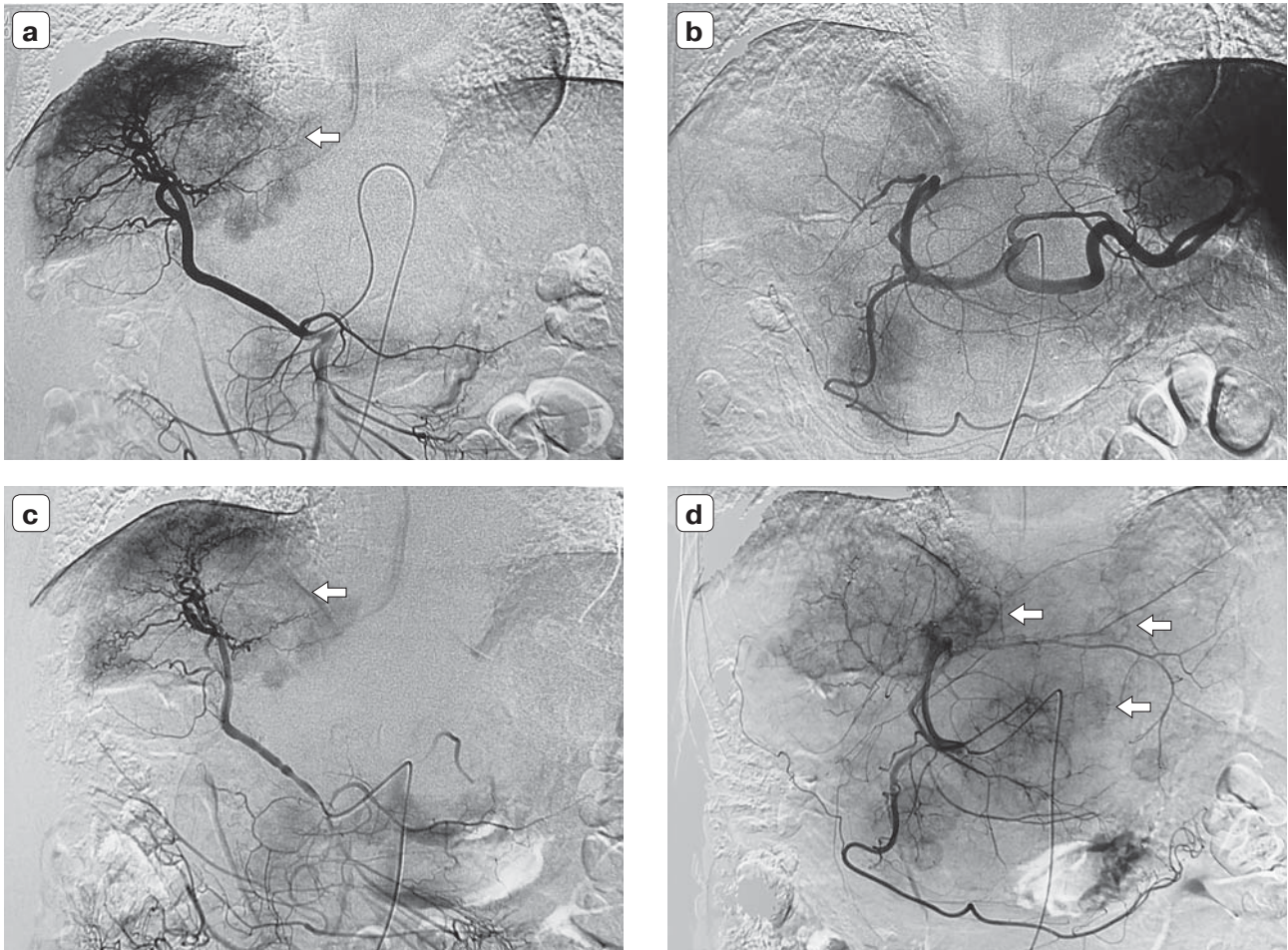
ing life tables was used. Criteria for statistical significance were considered to be differences with an error probability of less than 5% ( $p < 0.05$ ). Survival rates were calculated from the start of antitumor therapy.

Angiography and RCT-related adverse events were evaluated according to the CIRSE classification (2017) and criteria NCI CTCAE, v.5.0.

## Results

There were no lethal outcomes related to arteriography and RCT. Some patients had complications related to X-ray endovascular interventions. One patient developed hematoma at the site of femoral artery puncture which did not require surgical treatment (grade 1 complication according to CIRSE classification, 2017). Emergency surgery involving the resection of a false aneurysm at the site of femoral artery puncture was required in another case (0.9%)(grade3complication). Postembolization syndrome, presented by abdominal pain and fever, developed in 39 patients (34.8%), with 18 cases requiring opioid analgesics (grade 2 complication). Grade 1 hematological toxicity was observed in 28.6% ( $n = 32$ ) of patients and did not require additional therapy. Only two patients (1.8%) developed grade 2 anemia, which was managed with iron supplements. Grade 3 neutropenia was detected in 0.9% ( $n = 1$ ) of patients, requiring treatment with leukopoiesis stimulants. Grade 1-2 gastrointestinal toxicity occurred in 16.1% ( $n = 18$ ) of patients and was resolved with symptomatic therapy within 1–2 days. Grade 1–2 hepatotoxicity was observed in 36 cases (32.1%) and was managed conservatively. In one patient (0.9%), antitumor treatment was complicated by the development of a maculopapular rash, which intensified within the first two days after RCT.

At present, nine patients are alive after 10 to 82 months (median 15.5 months). After endovascular treatment, a partial response was achieved in 24 patients (21.4%), stable disease in 71 (63.4%), and disease progression in 17 (15.2%). Median time to progression and overall survival were 4.06 months (95% CI 1.5–6.2) and 13.9 months (95% CI 11.0–17.1), respectively. The 1-, 2-, and 3-year survival rates were 52.7%, 20.5%, and 11.6%, respectively (fig. 1, 2).



**Fig. 1.** Angiograms of patient M., 57 y.o.; intrahepatic cholangiocarcinoma.

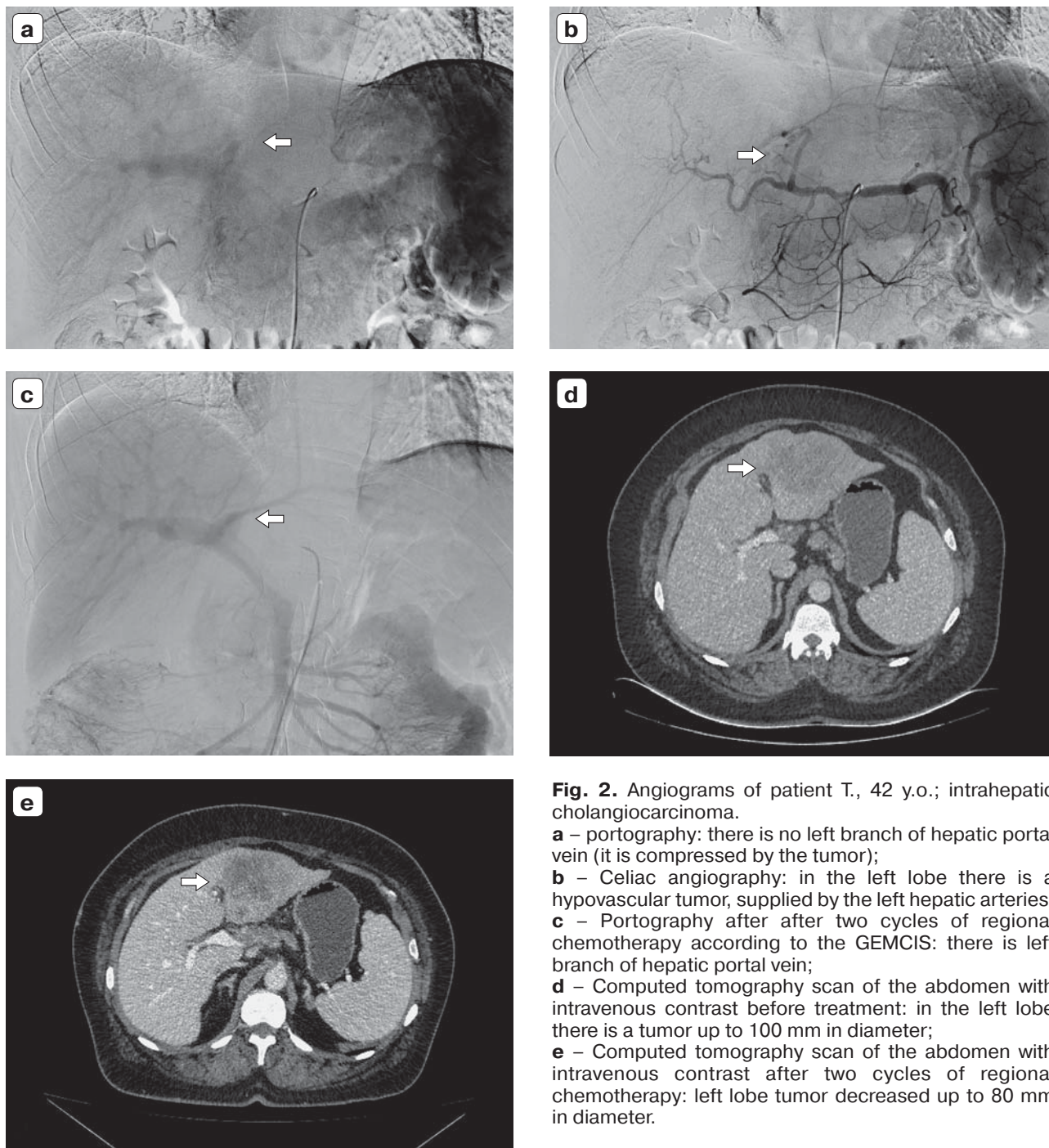
**a** – Selective angiography of the replacement right hepatic artery from the superior mesenteric artery: there is a pathological area of mixed vascularization containing tumor vessels in the S<sub>vii</sub> extending to S<sub>vi</sub> and S<sub>viii</sub> of the liver;

**b** – Celiac angiography: there is no blood supply to the tumor from the branches of the celiac trunk; no pathological nodules were identified in the left lobe;

**c** – Selective angiography of the replaced right hepatic artery 6 months from the start of treatment: the tumor is the same size, with decreased neovascularization and avascular zones;

**d** – Celiac angiography 20 months after the beginning of treatment; progression: there are tumors “de novo” in the left lobe.





**Fig. 2.** Angiograms of patient T., 42 y.o.; intrahepatic cholangiocarcinoma.

**a** – portography: there is no left branch of hepatic portal vein (it is compressed by the tumor);

**b** – Celiac angiography: in the left lobe there is a hypovascular tumor, supplied by the left hepatic arteries;

**c** – Portography after after two cycles of regional chemotherapy according to the GEMCIS: there is left branch of hepatic portal vein;

**d** – Computed tomography scan of the abdomen with intravenous contrast before treatment: in the left lobe there is a tumor up to 100 mm in diameter;

**e** – Computed tomography scan of the abdomen with intravenous contrast after two cycles of regional chemotherapy: left lobe tumor decreased up to 80 mm in diameter.



## Discussion

RCT is successfully used for the treatment of primary and metastatic liver tumors. Selective intra-arterial administration of cytostatics allows achieving its high concentrations in the tumor while reducing systemic toxicity (18, 19, 20). The basis of RCT methodology is a peculiarity of the tumor blood supply, 90–95% of which provided by the hepatic artery. At the same time, blood supply to normal liver parenchyma is provided 70% by the portal vein and only 30% by arterial blood.

Of the RCT methods, ChI and CE are most frequently used. ChI allows increasing the concentration of chemotherapy agents in the tumor due to the “first-pass” effect. CE combines the effects of ChI and mechanical embolization, causing ischemia of the tumor tissue. Currently, oily CE is used, when a suspension of a chemotherapy drug with an oily contrast agent (Lipiodol) is injected into tumor vessels with possible subsequent occlusion of the feeding vessel, as well as CE with drug-eluting beads (DEB).

Despite the growing number of publications addressing locoregional treatment of intrahepatic CCC, the efficacy of CE and ChI remains not completely understood (21, 22). Furthermore, it is not determined which RCT technique and in what sequence should be used.

J. Wang et al. (2023) compared the efficacy of irinotecan-based CE using microbeads or Lipiodol in 40 patients. The results favored treatment with microbeads: response rate, median overall survival, and 1-year survival rate were 70%, 11.5 months, and 50%, compared to 20%, 9.0 months, and 35%. Pain syndrome and hepatotoxicity not exceeded grade 1–2 and were managed conservatively. A complication requiring surgical intervention occurred in one patient (5%) in the CE with DEB group (23). Similar findings were reported by T. Sun et al. (2022) (24).

In one of the few Russian studies, B.I. Dolgushin et al. (2015) performed 82 cycles of oily CE with doxorubicin and gemcitabine combined with mitomycin C, and mitoxantrone with 5-fluorouracil in 33 patients with CCC. The median survival was 9 months. Partial response was observed in 29%, stable disease in 46%, and progression in 25%. The authors noted that best results (12 months) were achieved with the gemcitabine plus mitomycin C combination (25).

The best survival outcomes were reported by Y. Ge et al. (2020). Using oily CE with 5-fluoro-

uracil, hydroxycamptothecin, and epirubicin in 185 patients with unresectable CCC, the authors reported a median survival of nearly 27 months, with a 1-year survival rate of 65% (26).

Endovascular embolization of tumor vessels without chemotherapy agents also allowed improving survival in patients with unresectable intrahepatic CCC. Thus, according to S. Velayati et al. (2023), embolization with polyethylene microbeads in combination with systemic SCT was relatively safe: Grade 3 complications occurred in 8.5% of patients, and postembolization syndrome in 14.7%. The response rate for endovascular treatment was 79.4%, with median progression-free survival and overall survival of 4 and 13 months (15).

Pooled analysis by M. Owen et al. (2023) demonstrated no significant difference in overall survival between ChI and CE groups: 10.1–31.1 months and 6–30 months. However, most studies suggest that outcomes of treatment with ChI in patients with CCC are better than of treatment with CE (21). Thus, according to meta-analysis by J. Edeline et al. (2021), the response rate was 41% for ChI versus only 23% for CE. Median overall survival also was better in the ChI group: 21 vs. 16 months (22).

Z. Cai et al. proved that ChI by FOLFOX regimen has increased treatment efficacy comparing with oily CE with mitomycin, epirubicin, and carboplatin. Average life span and 1- and 2-year survival rates were 19.0 months and 60.1%–38.6% versus 10.8 months and 42.9%–29.4%, respectively. However, incidence of myelosuppression and gastrointestinal toxicity were higher in the ChI group (17).

M. Ishii et al. (2022) performed ChI with gemcitabine, cisplatin, and 5 fluorouracil in 18 patients. Treatment response was achieved in 37.5%, median survival was 20.6 months, and 1-year survival 75%. Treatment-related grade 3–4 hematological toxicity occurred in 11 patients (14).

S. Franssen et al. (2024) compared immediate and long-term outcomes of ChI and SCT in 192 patients. The ChI group showed significantly better results: average life span and 3-year survival were 27.7 months and 34.3% versus 11.8 months and 3.5%. The researchers noted that patients receiving RCT as second-line therapy (after SCT failure) had a higher median survival: 30 months, compared to 27 months for first-line (16). These results are confirmed by the pooled review by J. Edeline et al. (2021): mean overall survival in SCT with subsequent RCT appeared higher than in RCT

as first-line therapy: 25.2 versus 15.7 months, respectively (22). The most common indication for locoregional treatment as the second-line therapy is chemoresistance (disease progression in the liver) or SCT-induced toxicity (15).

In our study, RCT was used as a second-line therapy in 28.8% of cases due to SCT inefficacy and/or intolerance. Adverse events related to prior therapy were managed before the endovascular treatment, ensuring safe administration of the intra-arterial chemotherapy.

The combination of endovascular treatment and SCT improves survival in patients with unresectable intrahepatic CCC. Thus, Y. Hu et al. (2020) compared efficacy of CE (with Lipiodol or DEB) plus oral apatinib with apatinib monotherapy. All CE was performed by GEMCIS regimen. In the group of CE with DEB, the median survival and objective response rate were 19.3 months and 84.6%, in the group of CE with Lipiodol - 14.0 months and 75.0%, in the group of apatinib monotherapy - 6.5 months and 40%. Adverse events did not exceed grades 1-2; however, gastrointestinal and hepatic toxicity as well as hematological complication were observed more frequently in the group of CE with DEB (27).

A. Cercek et al. (2020) achieved response rate of 58% using ChI with floxuridine and intra-

venous administration of gemcitabine and oxaliplatin in 38 patients. Median survival was 25 months, and 1-year survival increased to almost 90%. However, two patients developed aneurysm of the gastroduodenal artery after endovascular treatment. Incidence of grade 3–4 complications was <50% and was predominantly related to hepatotoxicity. “Chemical” biliary sclerosis developed in four patients and required bile ducts stenting (28).

In the available literature, we did not find any studies on the effectiveness of the combination of ChI and CE in patients with unresectable intrahepatic CCC. In our work, we performed both types of endovascular treatment in all cases and during each cycle of chemotherapy.

No serious adverse effects of RCT were observed, indicating its safety. RCT related toxicities did not exceed grade 1–2 and were managed easily with symptomatic therapy, suggesting of well tolerability of the treatment.

## Conclusion

The conducted study and world literature are suggesting of the relative safety and efficacy of intra-arterial chemotherapeutic treatment of patients with unresectable intrahepatic CCC.

## Список литературы [References]

1. Adra S., Alabrach Y., Hashem A. et al. Trends of primary liver cancer incidence and mortality in the United States: A population-based study over the last four decades. *PLoS ONE*. 2024, 19 (9), e0309465. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309465>
2. Mauro E., Ferrer-Fàbrega J., Sauri T. et al. New challenges in the management of cholangiocarcinoma: The role of liver transplantation, locoregional therapies, and systemic therapy. *Cancers*. 2023, 15, 1244. <https://doi.org/10.3390/cancers15041244>
3. Wang Y.O., Alsaraf Y., Bandaru S.S. et al. Epidemiology, survival and new treatment modalities for intrahepatic cholangiocarcinoma. *J. Gastrointest. Oncol.* 2024, 15 (4), 1777–1788. <https://doi.org/10.21037/jgo-24-165>
4. Zhao R., Zhou J., Miao Z. et al. Efficacy and safety of lenvatinib plus durvalumab combined with hepatic arterial infusion chemotherapy for unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma. *Front. Immunol.* 2024, 10 (15), 1397827. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1397827>
5. Woodhead G., Lee S., Struycken L. et al. Interventional radiology locoregional therapies for intrahepatic cholangiocarcinoma. *Life (Basel)*. 2024, 14, 217. <https://doi.org/10.3390/life14020217>
6. Holster J.J., El Hassnaoui M., Franssen S. et al. Hepatic arterial infusion pump chemotherapy for unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma: A systematic review and meta-analysis. *Ann. Surg. Oncol.* 2022, 29 (9), 5528–5538. <https://doi.org/10.1245/s10434-022-11439-x>
7. Moris D., Palta M., Kim C. et al. Advances in the treatment of intrahepatic cholangiocarcinoma: An overview of the current and future therapeutic landscape for clinicians. *CA Cancer J. Clin.* 2023, 73 (2), 198–222. <https://doi.org/10.3322/caac.21759>
8. Бредер В.В., Базин И.С., Балахнин П.В. и др. Практические рекомендации по лекарственному лечению больных злокачественными опухолями печени и желчевыводящей системы. Практические рекомендации RUSSCO, часть 1. *Злокачественные опухоли*. 2023, 13, 531. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2023-13-3s2-1-494-538>  
Breder V.V., Bazin I.S., Balakhnin P.V. et al. Practical recommendations for drug treatment of patients with malignant tumors of the liver and biliary system. Practical recommendations RUSSCO, part 1. *Malignant tumors*. 2023, 13, 531. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2023-13-3s2-1-494-538> (In Russian)

9. Алиева С.Б., Базин И.С., Бредер В.В. и др. Клинические рекомендации. Рак желчевыводящей системы. М., 2022. 51 с.  
Alieva S.B., Bazin I.S., Breder V.V. et al. Clinical recommendations. Cancer of the biliary system. Moscow, 2022. 51 p. (In Russian)
10. European Association for the Study of the Liver. EASL-ILCA clinical practice guidelines on the management of intrahepatic cholangiocarcinoma. *J. Hepatol.* 2023, 79 (1), 181–208. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2023.03.010>
11. Mirallas O., López-Valbuena D., García-Illescas D. et al. Advances in the systemic treatment of therapeutic approaches in biliary tract cancer. *ESMO Open.* 2022, 7 (3), 100503. <https://doi.org/10.1016/j.esmoop.2022.100503>
12. Oh D.Y., Ruth H.A., Qin S. et al. Durvalumab plus gemcitabine and cisplatin in advanced biliary tract cancer. *New Engl. J. Med. Evid.* 2022, 1 (8), EVIDoA2200015. <https://doi.org/10.1056/EVIDoA22000>
13. Ghio M., Vijay A. Intrahepatic cholangiocarcinoma: Evolving role of neoadjuvant and targeted therapy. *Ann. Hepatobiliary Pancreat. Surg.* 2023, 27 (2), 123–130. <https://doi.org/10.14701/ahbps.22-110>
14. Ishii M., Itano O., Morinaga J. et al. Potential efficacy of hepatic arterial infusion chemotherapy using gemcitabine, cisplatin, and 5-fluorouracil for intrahepatic cholangiocarcinoma. *PLoS One.* 2022, 17 (4), e0266707. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266707>
15. Velayati S., Elsakka A., Zhao, K. et al. Safety and efficacy of hepatic artery embolization in heavily treated patients with intrahepatic cholangiocarcinoma: Analysis of clinicopathological and radiographic parameters associated with better overall survival. *Curr. Oncol.* 2023, 30, 9181–9191. <https://doi.org/10.3390/curronc130100663>
16. Franssen S., Holster J.J., Jolissaint J.S. et al. Gemcitabine with cisplatin versus hepatic arterial infusion pump chemotherapy for liver-confined unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma. *Ann. Surg. Oncol.* 2024, 31 (1), 115–124. <https://doi.org/10.1245/s10434-023-14409-z>
17. Cai Z., He C. Survival comparisons of hepatic arterial infusion chemotherapy with mFOLFOX and transarterial chemoembolization in patients with unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma. *Front. Oncol.* 2021, 11, 611118. <https://doi.org/10.3389/fonc.2021.611118>
18. Таразов П.Г., Кагачева Т.И. Рентгеноэндovasкулярные вмешательства в лечении внутрпеченочной холангиокарциномы (обзор литературы). *Диагностическая и интервенционная радиология.* 2021, 15 (3), 55–66. <https://doi.org/10.25512/DIR.2021.15.3.06>  
Tarazov P.G., Kagacheva T.I. Radiological and endovascular interventions in treatment of intrahepatic cholangiocarcinoma (literature review). *Journal Diagnostic and Interventional Radiology.* 2021, 15 (3), 55–66. <https://doi.org/10.25512/DIR.2021.15.3.06> (In Russian)
19. Холангиоцеллюлярная карцинома / Под ред. А.В. Чжао. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. <https://doi.org/10.33029/9704-5955-3-CC-2021-1-368>
- Zhao A.V. (ed.) Cholangiocellular carcinoma. Moscow: GEOTAR-Media, 2021. <https://doi.org/10.33029/9704-5955-3-CC-2021-1-368> (In Russian)
20. Dewald C.L.A., Vogel A., Wacker F.K. The role of percutaneous hepatic perfusion (PHP) in the treatment of cholangiocarcinoma. *Hepatoma Res.* 2024, 10, 12. <https://doi.org/10.20517/2394-5079.2023.62>
21. Owen M., Makary M.S., Beal E.W. Locoregional therapy for intrahepatic cholangiocarcinoma. *Cancers.* 2023, 15, 2384. <https://doi.org/10.3390/cancers15082384>
22. Edeline J., Lamarca A., McNamara M. G. et al. Locoregional therapies in patients with intrahepatic cholangiocarcinoma: A systematic review and pooled analysis. *Cancer Treat. Rev.* 2021, 99, 102258. <https://doi.org/10.1016/j.ctrv.2021.102258>
23. Wang J., Xue Y., Liu R. et al. DEB-TACE with irinotecan versus C-TACE for unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma: A prospective clinical study. *Front. Bioengineering Biotechnology.* 2023, 10, 1112500. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1112500>
24. Sun T., Zhang W., Chen L. et al. A comparative study of efficacy and safety of transarterial chemoembolization with CalliSpheres and conventional transarterial chemoembolization in treating unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma patients. *J. Cancer.* 2022, 13 (4), 1282–1288. <https://doi.org/10.7150/jca.67523>
25. Долгушин Б.И., Виршке Э.Р., Косырев В.Ю., Трофимов И.А., Кукушкин А.В., Черкасов В.А., Сергеева О.Н. Внутриаартериальная химиоэмболизация в лечении неоперабельных больных узловой формой холангиокарциномы. *Анналы хирургической гепатологии.* 2015, 20 (3), 24–30. <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2015324-30>
- Dolgushin B.I., Virshke J.R., Kosyrev V.J. et al. Transarterial chemoembolization in treatment of inoperable patients with nodular cholangiocarcinoma. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii.* 2015, 20 (3), 24–30. <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2015324-30> (In Russian)
26. Ge Y., Jeong S., Luo G.J. et al. Transarterial chemoembolization versus percutaneous microwave coagulation therapy for recurrent unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma: Development of a prognostic nomogram. *Hepatobiliary Pancreat. Dis. Int.* 2020, 19 (2), 138–146. <https://doi.org/10.1016/j.hbpd.2020.02.005>
27. Hu Y., Hao M., Chen Q. et al. Comparison of the efficacy and safety among apatinib plus drug-eluting bead transarterial chemoembolization (TACE), apatinib plus conventional TACE and apatinib alone in advanced intrahepatic cholangiocarcinoma. *Am. J. Translat. Res.* 2020, 12 (10), 6584–6598.
28. Cercek A., Boerner T., Tan B.R. et al. Assessment of hepatic arterial infusion of floxuridine in combination with systemic gemcitabine and oxaliplatin in patients with unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma: A phase 2 clinical trial. *JAMA Oncol.* 2020, 6 (1), 60–67. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2019.3718>



**Сведения об авторах [Authors info]**

**Турлак Анастасия Сергеевна** – врач-онколог, аспирант кафедры радиологии, хирургии и онкологии ФГБУ “РНЦРХТ имени академика А.М. Гранова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-2207-767X>. E-mail: a\_turlak18@mail.ru

**Козлов Алексей Владимирович** – доктор мед. наук, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению отделения ангиографии ФГБУ “РНЦРХТ имени академика А.М. Гранова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-6878-6762>. E-mail: av\_kozlov@mail.ru

**Таразов Павел Гадельгараевич** – доктор мед. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник отдела интервенционной радиологии и оперативной хирургии ФГБУ “РНЦРХТ имени академика А.М. Гранова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0001-9190-116X>. E-mail: tarazovp@mail.ru

**Поликарпов Алексей Александрович** – доктор мед. наук, заслуженный врач РФ, профессор кафедры радиологии, хирургии и онкологии ФГБУ “РНЦРХТ имени академика А.М. Гранова” Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-7683-5042>. E-mail: pol1110@mail.ru

\* **Адрес для переписки:** Турлак Анастасия Сергеевна – e-mail: a\_turlak18@mail.ru

**Anastasia S. Turlak** – oncologist, postgraduate student of the Chair of radiology, surgery & oncology, A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies, Saint-Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-2207-767X>. E-mail: a\_turlak18@mail.ru

**Aleksey V. Kozlov** – Doc. of Sci (Med.), Division of Angio/Interventional Radiology, A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies, Saint-Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-6878-6762>. E-mail: av\_kozlov@mail.ru

**Pavel G. Tarazov** – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Honored scientist of Russian Federation, Head researcher, Department of Interventional Radiology and Surgery, A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies, Saint-Petersburg. <https://orcid.org/0000-0001-9190-116X>. E-mail: tarazovp@mail.ru

**Aleksey A. Polikarpov** – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chair of radiology, surgery & oncology, Division of Angio/Interventional Radiology, A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies, Saint-Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-7683-5042>. E-mail: pol1110@mail.ru

\* **Address for correspondence:** Anastasia S. Turlak – e-mail: a\_turlak18@mail.ru

**Статья получена** 5 ноября 2024 г.  
**Manuscript received** on November 5, 2024.

**Принята в печать** 14 ноября 2025 г.  
**Accepted for publication** on November 14, 2025.

ISSN 1727-818X (Print); ISSN 2587-6198 (Online)  
<https://doi.org/10.24835/1727-818X-79-61>

## Роль ангиографии брахиоцефальных артерий и плоскодетекторной КТ в диагностике метастатических узлов шеи и опухоли каротидного гломуса

А.И. Загорулько<sup>1,2</sup>, Г.П. Нистратов<sup>1\*</sup>, А.К. Голубцов<sup>3</sup>, Д.В. Козлов<sup>4</sup>, С.П. Рыков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ города Москвы “Онкологический центр № 1 Городской клинической больницы имени С.С. Юдина ДЗ города Москвы”, Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы” Минобрнауки России, Москва, Россия

<sup>3</sup> ГБУ Московской области “Московский областной онкологический диспансер”, Балашиха, Московская обл., Россия

<sup>4</sup> ГБУЗ города Москвы “Московский многопрофильный клинический центр “Коммунарка” ДЗ города Москвы”, Москва, Россия

На сегодняшний день рентгенэндоваскулярные методы диагностики и лечения шагнули далеко вперед и значительно расширили области своего применения в медицине. К примеру бурными темпами развивается онкологическое направление. Ангиографические аппараты снабжены девайсами с онкологическими пакетами, одним из которых является плоскодетекторная компьютерная томография (ПДКТ), которая, по мнению некоторых авторов (Б.И. Долгушин и соавт.), обладает точностью диагностики 95–98%.

Селективная ангиография брахиоцефальных артерий дает возможность не только оценить степень атеросклеротического поражения, но и представляет нам картину сосудов, питающих образование, а в некоторых случаях возможно увидеть экстравазию контрастного вещества при распаде опухоли. Образование опухоли из каротидного гломуса (хемодектома) – редкое заболевание из нейроэндокринной ткани. Скрытое течение, симптомы, сходные с большим количеством патологий, приводят к высокому проценту ошибок – до 25–90% и, как следствие, к несвоевременной постановке диагноза. Диагностика опухоли из каротидного гломуса и метастатического узла в области бифуркации сонных артерий является сложной задачей, которая основывается на заключении клинической картины, ультразвукового исследования, томографии и ангиографии. Морфологическая верификация не проводится из-за высокого риска кровотечения и повреждения ветвей черепных нервов. Хемодектома с малой васкуляризацией является крайне сложной для диагностики. В данной статье приводим подобное наблюдение.

**Ключевые слова:** параганглиома; хемодектома; метастатический лимфоузел; ангиография; ультразвуковое исследование; компьютерная томография; диагностика хемодектомы

**Для цитирования:** А.И. Загорулько, Г.П. Нистратов, А.К. Голубцов, Д.В. Козлов, С.П. Рыков. Роль ангиографии брахиоцефальных артерий и плоскодетекторной КТ в диагностике метастатических узлов шеи и опухоли каротидного гломуса. *Международный журнал интервенционной кардиоангиологии*. 2024; 79 (4): 61–75. <https://doi.org/10.24835/1727-818X-79-61>

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Источники финансирования:** работа выполнена без спонсорской поддержки.

# The role of brachiocephalic artery angiography and FD-CT in the diagnosis of metastatic nodules of the neck and tumors of the carotid glomus

A.I. Zagorulko<sup>1,2</sup>, G.P. Nistratov<sup>1\*</sup>, A. K. Golubcev<sup>3</sup>, D.V. Kozlov<sup>4</sup>, S.P. Rykov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Oncological Center No. 1 of Moscow City Hospital named after S.S. Yudin, Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

<sup>2</sup> The Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

<sup>3</sup> Moscow Regional Oncology Dispensary, Balashikha, Moscow Region, Russia

<sup>4</sup> Moscow multidisciplinary clinical center "Kommunarka" of Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

To date, X-ray endovascular methods of diagnosis and treatment have made great strides forward and have significantly expanded their fields of application in medicine. For example, the oncological field is developing rapidly. Angiographic devices are equipped with devices with oncological packages. One of which is flat-detector computed tomography (PDCT), which, according to some authors (Dolgushin B.I. and co-authors) has a diagnostic accuracy of 95–98%.

Selective angiography of the brachiocephalic arteries gives us the opportunity not only to assess the degree of atherosclerotic lesion, but also presents us with a picture of the vessels feeding the formation, and in some cases it is possible to see the extravation of the contrast agent during tumor disintegration.

The formation of a tumor from the carotid glomus (chemodectoma) is a rare disease of neuroendocrine tissue. The latent course, symptoms similar to a large number of pathologies, lead to a high percentage of errors up to 25–90% and, as a result, to untimely diagnosis. Diagnosis of a tumor from the carotid glomus and metastatic node in the area of carotid artery bifurcation is a difficult task, which is based on the conclusion of a clinical picture, ultrasound examination, tomography and angiography. Morphological verification is not carried out due to the high risk of bleeding and damage to cranial nerve branches. A chemodectoma with low vascularization is extremely difficult to diagnose. In this article, we present a similar case.

**Keywords:** paraganglioma; chemodectoma; metastatic lymph node; angiography; ultrasound; computed tomography; diagnosis of chemodectomy

**For citation:** A.I. Zagorulko, G.P. Nistratov, A. K. Golubcev, D.V. Kozlov, S.P. Rykov. The role of brachiocephalic artery angiography and FD-CT in the diagnosis of metastatic nodules of the neck and tumors of the carotid glomus. *International Journal of Interventional Cardioangiology*. 2024; 79 (4): 61–75. <https://doi.org/10.24835/1727-818X-79-61>

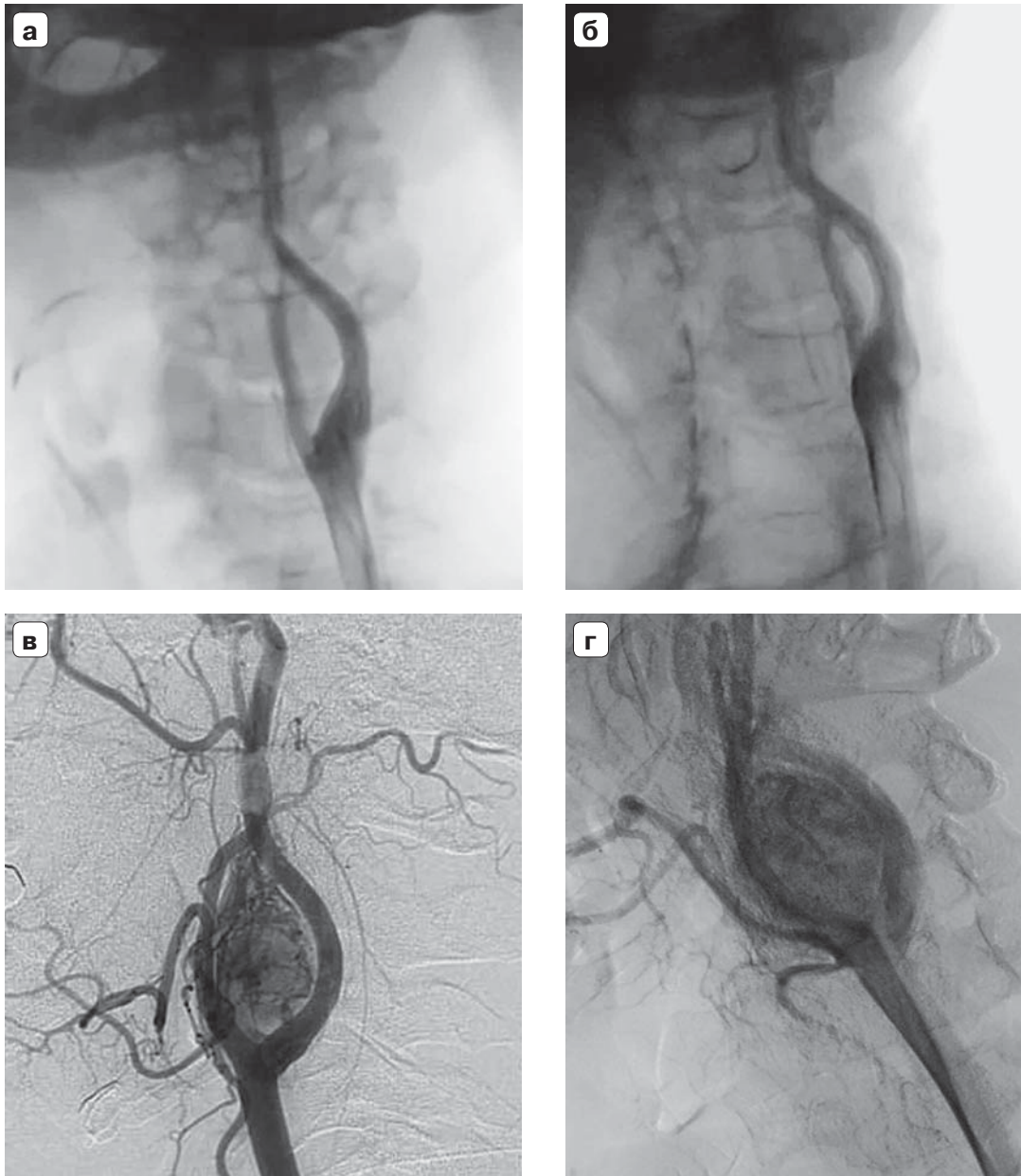
**Conflict of interest:** The authors declare that they have no conflict of interest.

## Введение

Опухоль каротидного гломуса относится к параганглиомам – это нейроэндокринная опухоль из параганглионарных клеток, миграция которых происходит из нервного гребня в период внутриутробного развития. Учитывая скрытое течение заболевания, симптомы, сходные с большим количеством патологий, диагностика параганглиом шеи, даже в настоящее время, имеет высокий процент ошибок – до 25–90%. Редкость данного заболевания и, как следствие, малая осведомленность врачей также приводит к несвоевременной постановке диагноза.

“Золотым стандартом” в диагностике является ангиография брахиоцефальных артерий с выполнением плоскодетекторной компьютерной томографии (ПДКТ), демонстрирующая объем, расположение и васкуляризацию опухоли (рис. 1в, г). Хирургическое лечение остается главным методом лечения данной патологии. Применение эндоваскулярной эмболизации опухоли каротидного гломуса I–III типа снижает интраоперационную кровопотерю, в то время как при IV типе (опухоли больших размеров) эмболизация сопряжена с высоким риском





**Рис. 1.** а, б – нормальные ангиограммы сонных артерий пациента Т. в разных проекциях; в, г – ангиограммы опухоли каротидного гломуса.

осложнений – миграцией эмболов в рядом расположенные сосуды (1–7).

Для понимания особенностей ангиографической картины гломуса необходимо знать его природу и рентгенэндоваскулярную анатомию брахиоцефальных артерий. Хемодектома вторая по размеру опухоль после мозгового вещества надпочечников. Анатомически это красновато-коричневого цвета овальной формы структура около 3–5 мм, окруженная фиброзной капсулой, весом менее 15 мг. В литературе расположение хемодектомы указано в адвентиции, рядом с бифуркацией сонной артерии, но

некоторые хирурги описывают его нахождение к периферии в тканях, примыкающих к адвентиции (8, 9).

Гломусы продуцируют биогенные амины, реагируют на изменение концентрации  $O_2$ ,  $CO_2$ , pH крови и передают информацию об этом в бульбарные центры головного мозга (10–13). При низкой концентрации кислорода импульсы с параганглиев стимулируют возбуждение дыхания, повышение количества циркулирующих эритроцитов, повышение артериального давления, а также повышение секреции адренокортикотропного гормона, глюкокортикоидов, адреналина и

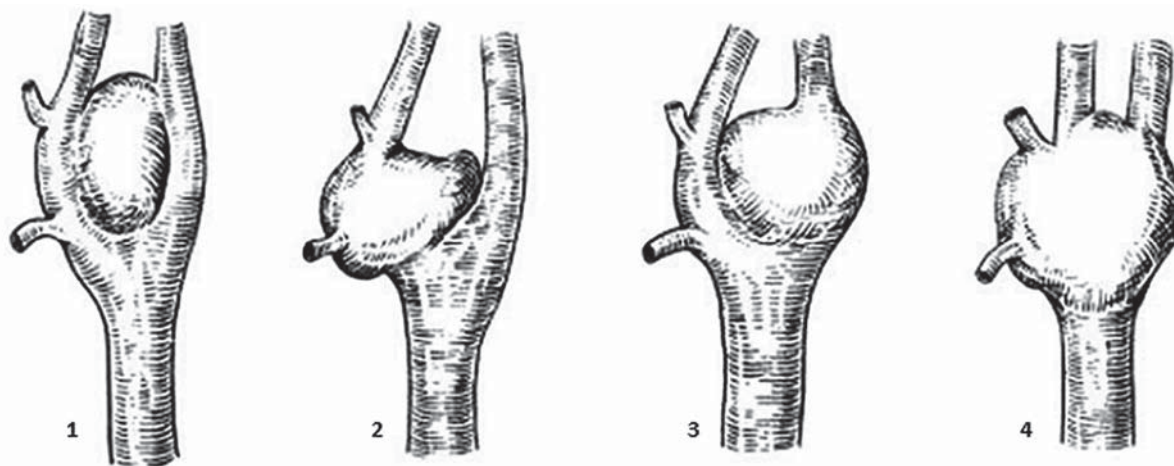


Схема 1. Схема вариантов роста каротидных параганглиом по Л.А. Атанасян (1967).

инсулина (2, 14–16). На основании открытия хеморецепторной функции нехромаффинных параганглиев, в частности каротидного тельца, Muligan в 1950 г. предложил термин “хемодектома” (*hemia* – раствор, *dehctestai* – восприятие). Гломус характеризуется обильной сетью прекапилляров и капилляров от артериальных ветвей наружной, внутренней или бифуркации общей сонной артерий (17). Иннервируется гломус тремя источниками: *ramus sinus carotici nervi glossopharyngei*, *ramus glomi carotici nervi vagi* и *rami pharyngei nervi vagi*. Языкоглоточный нерв (IX) реагирует на изменения парциального давления углекислого газа и кислорода, передает информацию к другим участкам центральной нервной системы (18).

Хемодектома встречается среди внеорганных опухолей шеи в 0,5–0,9% случаев (19). Однако среди неврогенных опухолей шеи на их долю приходится 37% (19, 20). Рост хемодектом имеет следующие особенности: значительная инфильтрация близлежащих тканей, склонность к циркулярному росту и обрастанию сонных артерий, тенденция к распространению вдоль сосудистого пучка к основанию черепа (4, 14, 20–24). Разделение каротидных гломусов происходит в зависимости от разных факторов, а также от причин развития: спорадические, семейные, гиперпластические; от гистологического строения: ангиоматозные, альвеолярные, смешанные, атипичные; от взаимодействия с окружающими тканями: неинвазивные, локально инвазивные, инвазивные.

Классификация топографоанатомических особенностей опухоли гломуса и сон-

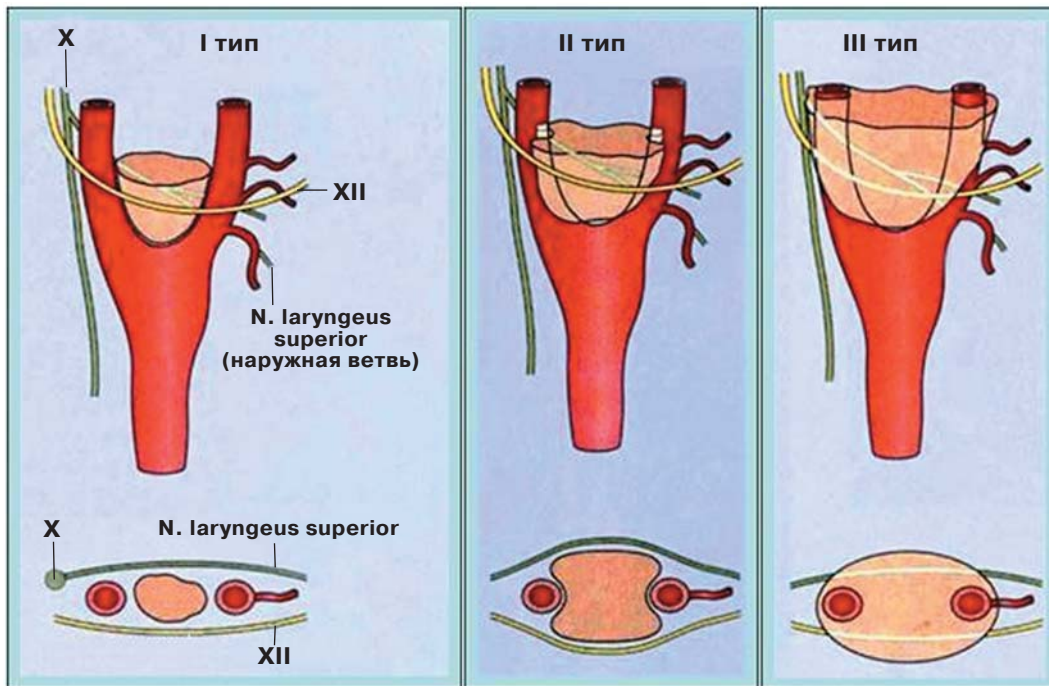
ных артерий, предложенная Л.А. Атанасян в 1967 г., получила наибольшее распространение и заключается в выделении 4 вариантов (схема 1): 1 – опухоль раздвигает в стороны наружную и внутреннюю сонные артерии (40%); 2 – опухоль в виде муфты охватывает наружную сонную артерию (15%); 3 – опухоль охватывает внутреннюю сонную артерию (5%); 4 – опухоль охватывает бифуркацию общей сонной артерии и обе ее ветви (40%). Эта классификация получила широкое распространение в нашей стране.

W.R. Shamblin и соавт. в 1971 г. предложили выделить 3 типа опухоли (схема 2): “малая” опухоль или I тип, – опухоль тесно соприкасается со стенками обеих сонных артерий, размер опухоли (в диаметре) до 2,5 см; “большая” опухоль, которая включает II и III тип, – опухоль находится в плотной спаянности с адвентацией сонных артерий (удаление расценивается как трудновыполнимое), размером > 2,5 см, но < 5 см – II тип, опухоль полностью окутывает сонные артерии, размер > 5 см – III тип.

Симптомы данной опухоли могут быть различные. В большинстве случаев – это наличие опухоли и ее увеличение в размерах. К местным симптомам можно отнести дисфагию, охриплость голоса, стридор, головокружение, паралич черепных нервов, брадикардию, “скачки” давления. При пальпации опухоли обращает на себя внимание то, что она смещается по горизонтали, но не по вертикали, а также ощущается пульсация, передающаяся от сонной артерии.

На первом этапе при физикальном обследовании отличить хемодектому и лим-



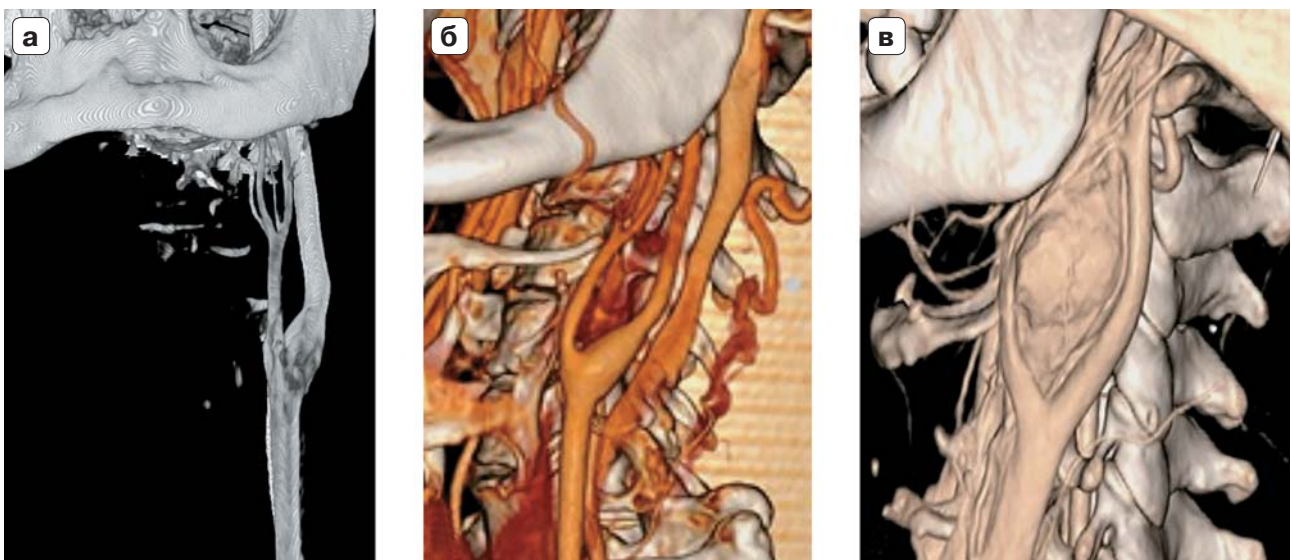


**Схема 2.** Схема анатомической классификации хемодектом по W.R. Shamblin и соавт. (1971).

фоузел затруднительно. Ультразвуковое исследование (УЗИ) сонных артерий позволяет выявить локализацию опухоли, структуру, степень васкуляризации и заподозрить данную патологию, поэтому чаще всего первым звеном в постановке диагноза являются врачи ультразвуковых методов. Компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография являются стандартом при диагностике хемодектомы (рис. 2в, 3).

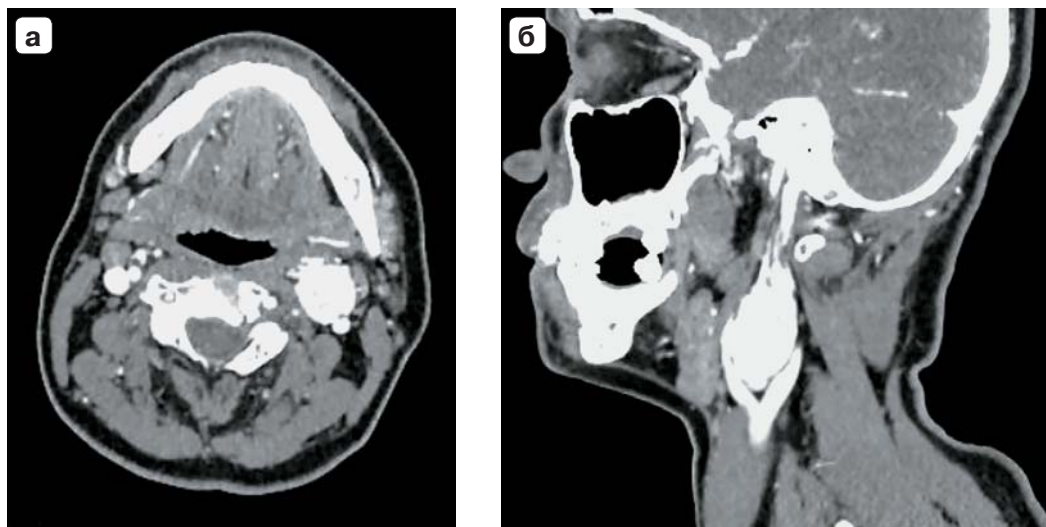
Характерные особенности опухоли каротидного гломуса – это локализация и зернистость (по типу “соль и перец”) на T1-взвешенных изображениях.

Учитывая высокий риск кровотечения и/или повреждения ветвей черепных нервов, проведение пункционной биопсии не рекомендовано (25), диагностика основывается на заключении клинической картины, данных УЗИ, томографии и ангиографии бра-



**Рис. 2.** а – ПДКТ пациента Т.; б – 3D-реконструкция КТ с внутривенным контрастированием пациента Т.; в – 3D-реконструкция КТ с внутривенным контрастированием опухоли каротидного гломуса.





**Рис. 3.** а – КТ-картина пациента с опухолью каротидного гломуса в горизонтальном сечении; б – КТ-картина пациента с опухолью каротидного гломуса в сагиттальном сечении.

хиоцефальных артерий с выполнением ПДКТ (26–29). Основным методом лечения хемодектом является хирургическое лечение, которое противопоказано при обширной диссеминации опухоли и наличии отдаленных метастазов. Лечение хемодектотомы только лучевой терапией малоэффективно. В послеоперационном периоде назначают лучевое лечение на ложе удаленной опухоли (27, 30, 31).

Ангиография брахиоцефальных артерий дает достаточно высокую точность в диагностике каротидной хемодектотомы, но как быть при ее нетипичной ангиографической картине? Представляем клиническое наблюдение пациента с гиповаскулярной хемодектотомой.

#### Клиническое наблюдение

Пациент Т., 64 года. Рост 172 см, масса тела 64 кг, индекс массы тела 21,6 кг/м<sup>2</sup>, площадь поверхности тела 1,75 м<sup>2</sup>, температура тела 36,6 °С.

Анамнез: в апреле 2024 г. лечение у стоматолога (удаление зубов нижней челюсти), в мае 2024 г. заметил увеличение, болезненность в подчелюстной области справа (лимфоузел?). В июне 2024 г. появилось образование под языком. Обратился к врачу по месту жительства, рекомендована антибактериальная терапия на фоне которой отметил уменьшение подчелюстного лимфоузла справа. Абсцесс подъязычного пространства справа? В июне 2024 г. – вскрытие и дренирование абсцесса полости рта. Направлен в Центр амбулаторной онкологической помощи. При УЗИ: ультразвуковые признаки шейной лимфаденопатии с двух сторон, пато-

логический шейные лимфоузел слева (IIA уровень). Под ультразвуковым контролем выполнена тонкоигольная аспирационная биопсия (ТАБ) образования в проекции бифуркации сонной артерии слева, цитограмма: в полученном материале единичные группы опухолевых полиморфных клеток с дегенеративными изменениями, некоторые с инклюзиями: рак слюнной железы? The Milan System for Reporting Salivary Gland Cytopathology – V, подозрение на злокачественную опухоль. Эндоскопическое исследование желудка в июне 2024 г.: поверхностный гастрит. Ларингоскопия в июле 2024 г.: хронический ларингит. Повторное УЗИ лимфоузлов шеи в июле 2024 г.: ультразвуковые признаки более характерны для вторичного поражения (метастаз); ТАБ, цитограмма соответствует метастатическому раку. ПЭТ/КТ в августе 2024 г.: единичный верхний яремный лимфоузел слева размерами 17 × 12 мм. КТ шеи в августе 2024 г.: в каротидном пространстве в области бифуркации общей сонной артерии гиперваскулярное образование овальной формы с четкими контурами размерами до 18 × 14 мм, тесно прилежит к наружной сонной артерии более чем на 180°, к внутренней сонной артерии менее чем на 180°, раздвигает их, вероятно, соответствует каротидной параганглиоме (рис. 2б, 4а, б). Пациент направлен в отделение опухолей головы и шеи онкологического центра №1, ГКБ имени С.С. Юдина для диагностики и лечения с диагнозом: метастаз в лимфоузлы шеи слева без первично выявленного очага? Каротидная параганглиома? Сопутствующие заболевания: гипертоническая болезнь II стадии, контролируемая артериальная гипертензия, ГЛП 2А, риск 4. Атеросклеротическая болезнь сердца.

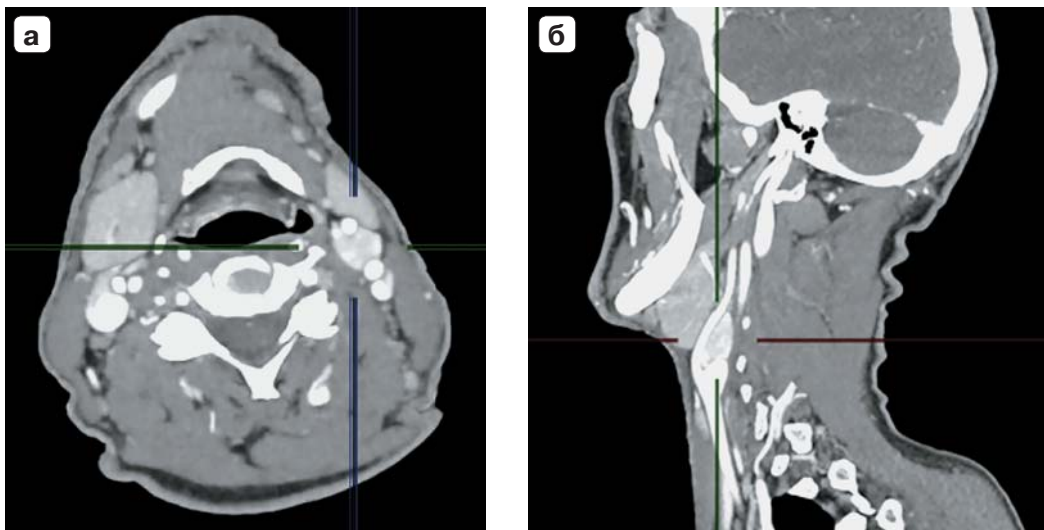
ИБС: стенокардия напряжения II функционального класса (ФК), ХСН I, ФК II. Хронический поверхностный гастрит, стадия ремиссии.

При пальпации на шее лимфоузлы четко не определяются, при осмотре полости рта: тризма нет, подвижность языка сохранена, слизистая розовая, гладкая, без признаков опухолевого роста, на слизистой дна полости рта справа послеоперационный рубец до 10 мм, без признаков опухолевого роста.

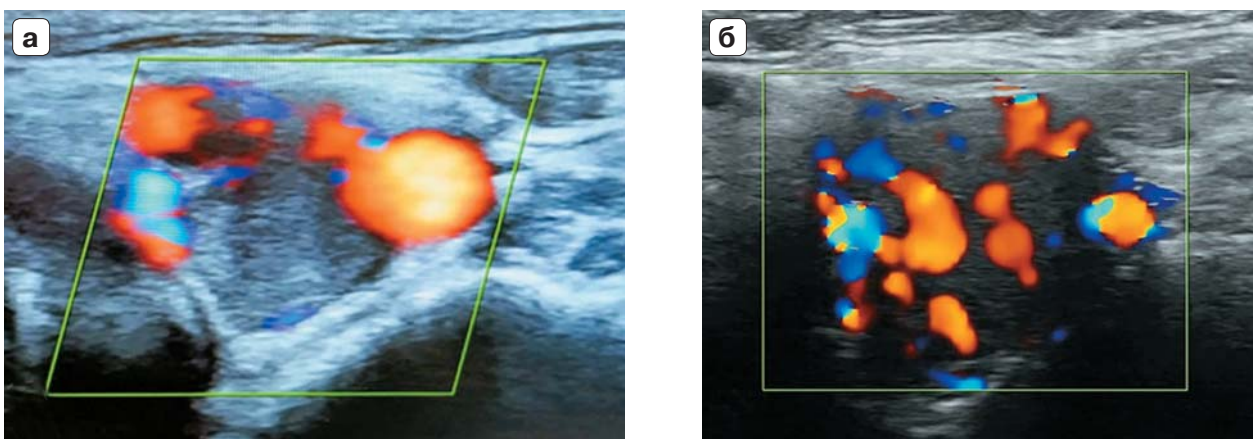
На консилиуме: учитывая расхождение данных рентгенологических методов, с одной стороны, и ультразвуковых признаков и цитологии – с другой, было решено выполнить ангиографию сонных артерий слева для дифференциальной диагностики и определения дальнейшей тактики.

При ангиографии сонных артерий слева, выполненной на аппарате Philips Azurion 7 M20 с контрастным веществом омнипак 350, визуа-

лизированы общая, наружная и внутренняя сонные артерии, образование в проекции бифуркации не определяется, также не выявлены сосуды, питающие данную зону (см. рис. 1). Для исключения ошибки ангиографическое исследование выполнялось в разных проекциях, в том числе с использованием ПДКТ (см. рис. 2а). Принято решение, что образование мягких тканей шеи не хемодектома, а лимфоузел. В ангиографической операционной под ультразвуковым контролем с доплеровским исследованием (рис. 5) выполнена трепан (сog) биопсия, получены столбцы ткани белесоватого цвета – 2 столбца. После биопсии выполнена контрольная ангиография сонных артерий слева (на стороне биопсии), признаков паравазального распространения контрастного вещества не выявлено. Пациент в удовлетворительном состоянии переведен в палату, выписан на 2-й день.



**Рис. 4.** а – КТ-картина пациента Т. с опухолью каротидного гломуса в горизонтальном сечении; б – КТ-картина пациента Т. с опухолью каротидного гломуса в сагиттальном сечении.



**Рис. 5.** а – УЗИ с доплеровским исследованием пациента Т.; б – УЗИ с доплеровским исследованием пациента с опухолью каротидного гломуса.

Гистологическое заключение: эпителиоидноклеточная злокачественная опухоль в лимфатическом узле шеи, для уточнения гистологического типа материал направлен на иммуногистохимическое исследование (ИГХ).

ИГХ: в опухолевых клетках выраженная цитоплазматическая гранулярная реакция с а/а к Synaptophysin (clone MRQ40 Cell Marque Corporation USA), Chromogranin-A (clone LK2H10 Ventana), CD56 (clone 123C3 Ventana), S100 (clone 4C4.9 Ventana) – признаки метастаза параганглиомы.

### Заключение

Данное клиническое наблюдение показывает сложность дифференциальной диагностики опухоли каротидного гломуса и метастатического лимфатического узла шеи,

основываясь на данных УЗИ шейных лимфоузлов и мягких тканей, КТ головы и шеи а также выполнении рентгеноангиографии брахиоцефальных артерий.

Гистологическое заключение является наиболее достоверным, но и опасным методом, учитывая риски кровотечения и неврологические расстройства. Проведение трепанобиопсии под ультразвуковым контролем и ангиографии артерий головы и шеи с ПДКТ снижает данные риски и позволяет правильно установить диагноз.

На начальных этапах диагностического поиска такие пациенты не сразу могут попадать к врачу-онкологу, наиболее часто первичным звеном являются врачи-терапевты, врачи сердечно-сосудистые хирурги, врачи рентгенэндоваскулярные хирурги.

### Introduction

The tumor of the carotid glomus belongs to the paragangliomas – it is a neuroendocrine tumor of paraganglionic cells, whose migration occurs from the neural crest during intrauterine development. Given the latent course of the disease, the symptoms are similar to a large number of pathologies, the diagnosis of paragangliomas of the neck, even at present, has a high percentage of errors up to 25–90%. The rarity of this disease, and as a result, the low awareness of doctors, also leads to an untimely diagnosis.

The “gold standard” in diagnosis is angiography of the brachiocephalic arteries with PDCT, demonstrating the volume, location and vascularization of the tumor (Fig. 1 c, d). Surgical treatment remains the main method of treating this pathology. The use of endovascular embolization of type I-III carotid glomus tumors reduces intraoperative blood loss, while in type IV, large tumors, embolization is associated with a high risk of complications – migration of emboli into nearby vessels (1–7).

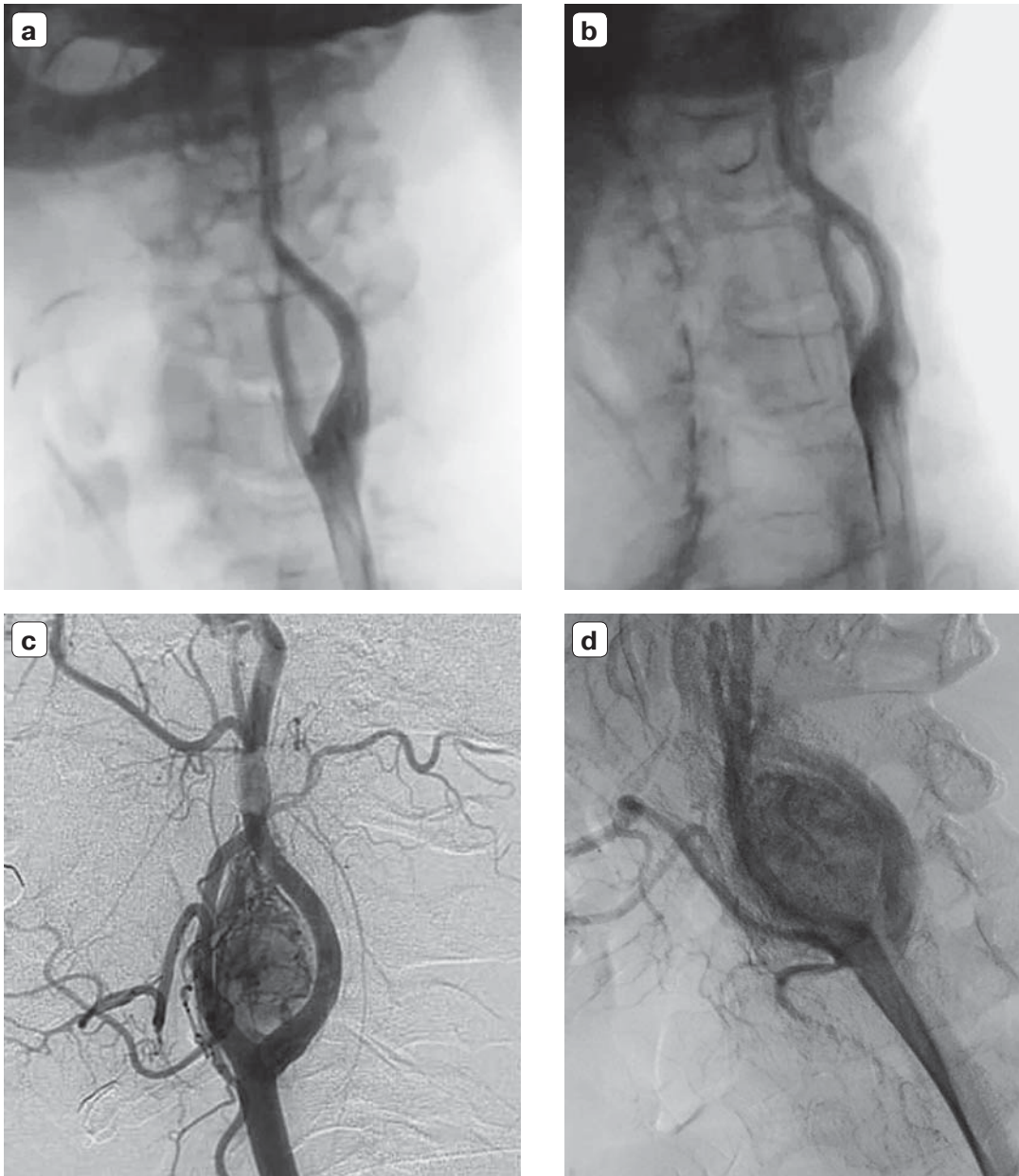
To understand the features of the angiographic picture of the glomus, it is necessary to know its nature and the X-ray endovascular anatomy of the brachiocephalic arteries. Chemodectoma is the second largest tumor after the adrenal medulla. Anatomically, it is a reddish-brown oval-shaped structure of about 3–5 mm, surrounded by a fibrous capsule weighing less than 15 mg. In the literature, the location of the chemodectoma is indicated

in the adventitia, next to the bifurcation of the carotid artery, but some surgeons describe its location to the periphery in tissues adjacent to the adventitia (8, 9).

Glomuses produce biogenic amines, react to changes in the concentration of O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, and blood pH and transmit information about this to the bulbar centers of the brain (10–13). At low oxygen concentrations, impulses from the paraganglia stimulate the excitation of respiration, an increase in the number of circulating red blood cells, an increase in blood pressure, as well as an increase in the secretion of adrenocorticotrophic hormone, glucocorticoids, adrenaline and insulin (2, 14–16). Based on the discovery of the chemoreceptor function of non-chromaffin paraganglia, in particular the carotid body Muligan in 1950. He proposed the term chemodectome: hemia – solution, dectestai – perception. The glomus is characterized by an abundant network of precapillaries and capillaries from the arterial branches of the external, internal or bifurcation of the common carotid artery (17). The glomus is innervated by three sources: ramus sinus carotici nervi glossopharyngei, ramus glomi carotici nervi vagi and rami pharyngei nervi vagi. The pharyngeal nerve (IX) reacts to changes in the partial pressure of carbon dioxide and oxygen, transmits information to other parts of the central nervous system (18).

Chemodectoma occurs among non-organ neck tumors in 0.5–0.9% of cases (19). However, among neurogenic neck tumors, they

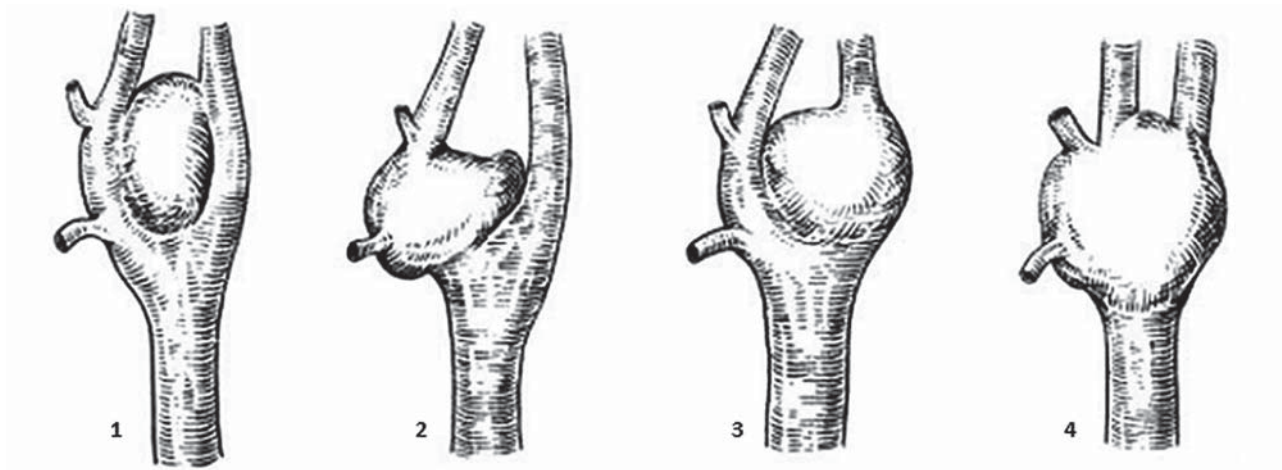




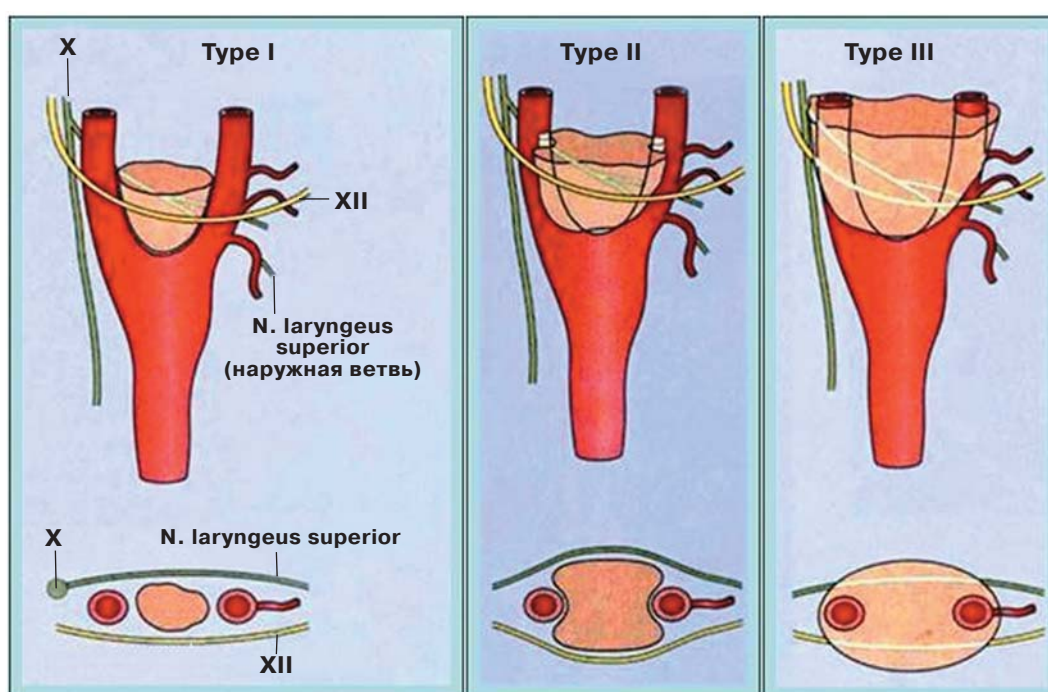
**Fig. 1.** **a, b** – a normal angiogram of the carotid arteries of patient T. in different projections; **c, d** – an angiogram of a tumor of the carotid glomus.

account for 37% (19, 20). The growth of chemodectoma has the following features: significant infiltration of nearby tissues, a tendency to circular growth and fouling of the carotid arteries, a tendency to spread along the vascular bundle to the base of the skull (4, 14, 20–24). The separation of carotid glomuses occurs depending on various factors, as well as on the causes of development: sporadic, familial, hyperplastic; from the histological structure: angiomatous, alveolar, mixed, atypical; from interaction with surrounding tissues: non-invasive, locally invasive, invasive.

The classification of topoanatomical features of glomus and carotid artery tumors proposed by L.A. Atanasyan in 1967 was most widespread and consists in the allocation of 4 variants (Scheme 1): 1 – the tumor pushes the external and internal carotid arteries apart (40%); 2 – the tumor in the form of a clutch covers the external carotid artery (15%); 3 – the tumor covers the internal carotid artery (5%); 4 – the tumor covers the bifurcation of the common carotid artery and both its branches (40%). This classification has become widespread in our country.



**Scheme 1.** Scheme of growth variants of carotid paragangliomas according to L.A. Atanasyan.



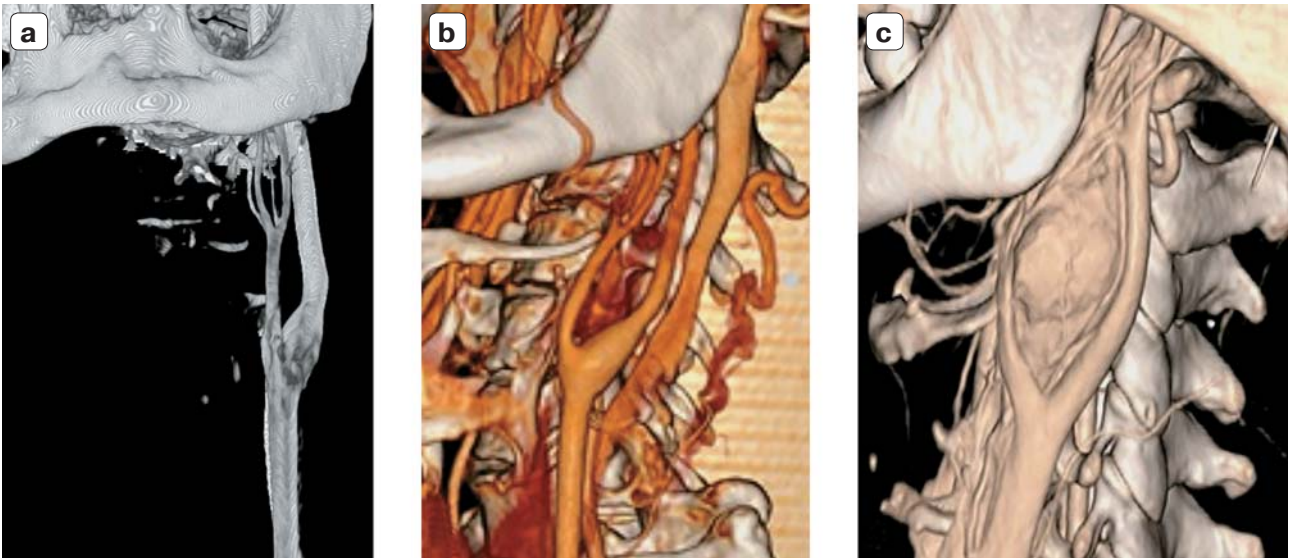
**Scheme 2.** Scheme of anatomical classification of chemodectomes by W.R. Shamblin et al. (1971).

W.R. Shamblin et al. in 1971 proposed to distinguish 3 types of tumors (Scheme 2): “small” tumor or Type I – the tumor is in close contact with the walls of both carotid arteries, the size of the tumor (in diameter) is up to 2.5 cm; “large” tumor which includes type II and III – the tumor is in dense solidity with the advent of the carotid arteries (removal is considered difficult), size > 2.5 cm, but < 5 cm is type II, the tumor completely envelops the carotid arteries, size > 5 cm is type III.

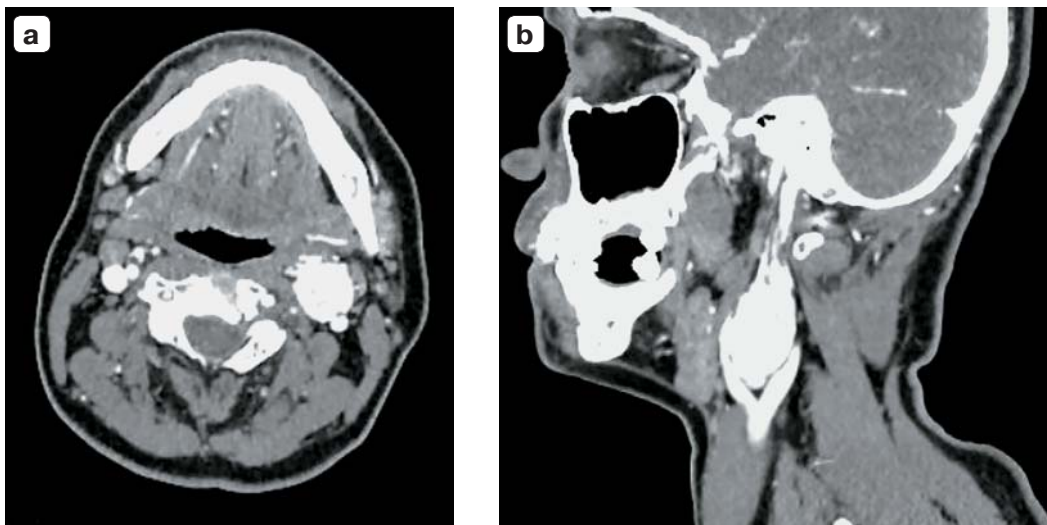
The symptoms of this tumor may be different. In most cases, this is the presence of a tumor and its increase in size. Local symptoms include

dysphagia, hoarseness of voice, stridor, dizziness, cranial nerve paralysis, bradycardia, pressure “jumps”. When palpating a tumor, attention is drawn to the fact that it shifts horizontally, but not vertically, and there is also a pulsation transmitted from the carotid artery. At the first stage, it is difficult to distinguish between a chemodectoma and a lymph node during a physical examination. Ultrasound examination of the carotid arteries allows you to identify the localization of the tumor, the structure, the degree of vascularization and suspect this pathology, therefore, most often the first link in the diagnosis is the doctors of





**Fig. 2.** **a** – FD-CT of patient T.; **b** – 3D CT reconstruction with intravenous contrast of patient T.; **c** – 3D CT reconstruction with intravenous contrast of carotid glomus tumor.



**Fig. 3.** **a** – CT is a picture of a patient with a carotid glomus tumor in horizontal section; **b** – CT is a picture of a patient with a carotid glomus tumor in sagittal section.

ultrasound methods. Computed tomography and magnetic resonance imaging are the standard for the diagnosis of chemodectoma (Fig. 2 In, Fig. 3). The characteristic features of a carotid glomus tumor are localization and granularity (according to the “salt and pepper” type) on T1-weighted images. Taking into account the high risk of bleeding and/or damage to cranial nerve branches, puncture biopsy is not recommended (25), diagnosis is based on the conclusion of the clinical picture, ultrasound examination, tomography and angiography of the brachiocephalic arteries with PDCT (26–29). The main method of treatment with chemodectoma is surgical

treatment, which is contraindicated in cases of extensive tumor dissemination and the presence of distant metastases. Taking into account the high risk of bleeding and/or damage to cranial nerve branches, puncture biopsy is not recommended (25), diagnosis is based on the conclusion of the clinical picture, ultrasound examination, tomography and angiography of the brachiocephalic arteries with PDCT (26–29). The main method of treatment with chemodectoma is surgical treatment, which is contraindicated in cases of extensive tumor dissemination and the presence of distant metastases. Isolated radiotherapy for chemodectoma is not very



effective. Radiotherapy of the excised tumor bed is indicated postoperatively. (27, 30, 31).

#### Clinical case

Patient T., born in 1954, 64 years old. Height 172 cm, body weight 64 kg, BMI 21.6 kg/m<sup>2</sup>, body surface area 1.75 m<sup>2</sup>, T – 36.6 °C.

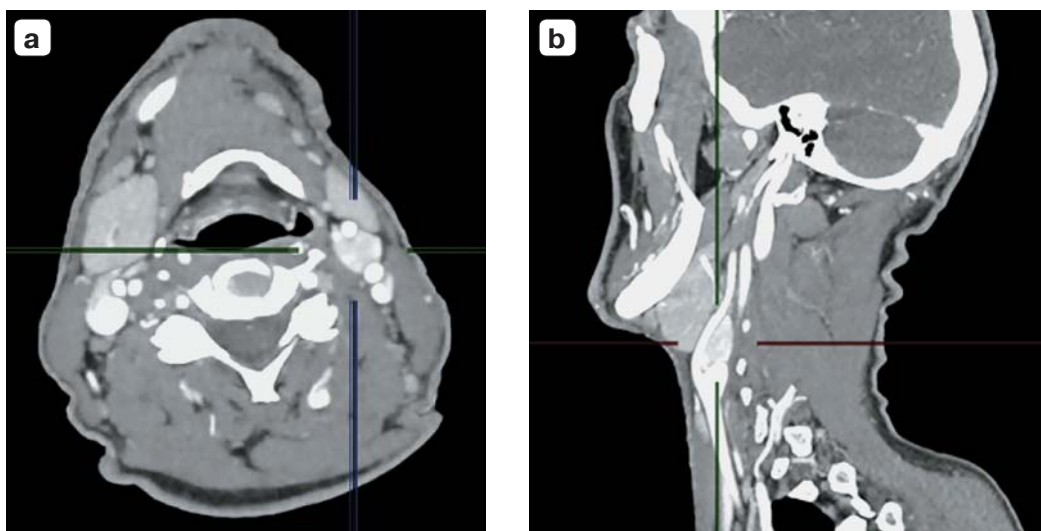
Anamnesis: in April 2024, during dental treatment (removal of mandibular teeth), in May 2024, I noticed an increase, soreness in the submandibular area on the right (lymph node?). In June 2024. there was an education under the tongue. I went to a doctor at my place of residence, antibacterial therapy was recommended, against which I noted a decrease in the submandibular lymph node on the right. An abscess of the sublingual space on the right? In June 2024 – opening and drainage of an abscess of the oral cavity. Sent to the CAOP. With ultrasound, there are signs of cervical lymphadenopathy on both sides, pathological cervical lymph nodes on the left (level IIA). Under ultrasound control, a TAB of formation in the projection of the carotid artery bifurcation on the left was performed, a cytogram – in the obtained material, single groups of tumor polymorphic cells with degenerative changes, some inclusions: salivary gland cancer? The Milan System for Reporting Salivary Gland Cytopathology – V, suspected malignant tumor. Endoscopic examination of the stomach in June 2024 – superficial gastritis. Laryngoscopy in July 2024 – chronic laryngitis. Repeated ultrasound of the lymph nodes of the neck in July 2024 – ULTRASOUND signs are more typical for secondary lesions (metastases); TAB, cytogram – corresponds to metastatic cancer. PET CT scan in august 2024 – single superior jugular lymph node on

the left 17 × 12 mm. CT scan of the neck in August 2024 – in the carotid space in the area of bifurcation of the common carotid artery, an oval-shaped hypervascular formation with clear contours up to 18 × 14mm, closely adheres to the external carotid artery by more than 180 degrees, to the internal carotid artery by less than 180 degrees, pushes them apart, probably corresponds to a carotid paraganglioma (Fig. 2b, Fig.4 a,b). The patient was sent to the department of head and neck tumors of the Oncological Center No. 1, S.S. Yudin State Clinical Hospital for diagnosis and treatment with a diagnosis. Metastasis to the lymph nodes of the neck on the left without a primary lesion? Carotid paraganglioma? Concomitant diseases: Hypertension II ct, controlled hypertension, GLP 2A, risk 4. Atherosclerotic heart disease. Coronary heart disease: angina pectoris of tension FC 2, CHF 1, FC 2. Chronic superficial gastritis, stage of remission.

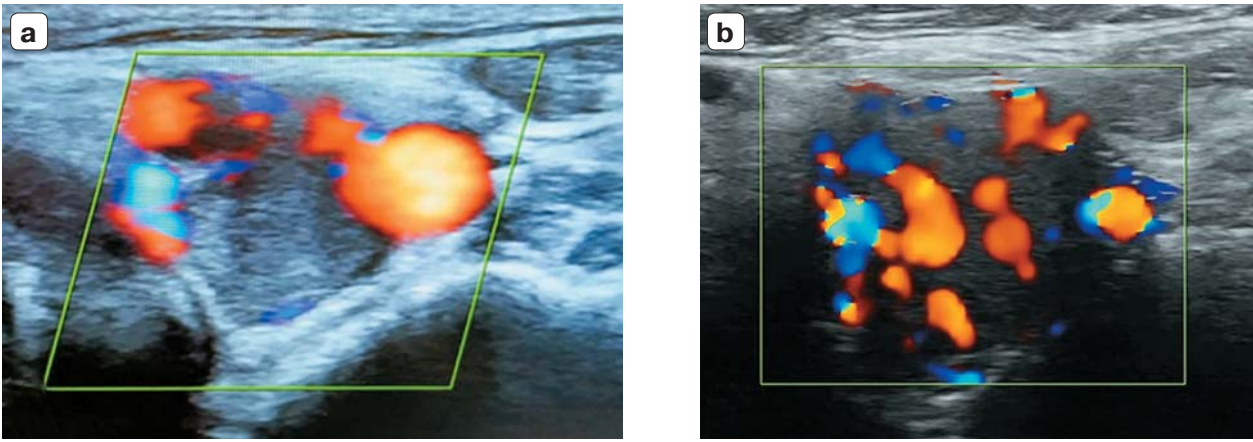
On palpation, the lymph nodes on the neck are not clearly defined, when examining the oral cavity: there is no trism, the mobility of the tongue is preserved, the mucous membrane is pink, smooth, without signs of tumor growth, on the mucous membrane of the bottom of the oral cavity on the right there is a postoperative scar up to 10 mm, without signs of tumor growth.

At the consultation: taking into account the discrepancy between the data of X-ray methods on the one hand and ultrasound signs and cytology on the other, it was decided to perform angiography of the carotid arteries on the left for differential diagnosis and determination of further tactics.

During angiography of the carotid arteries on the left, performed on a Philips Azurion 7 M20 device



**Fig. 4.** **a** – CT is a picture of patient T. with a tumor of the carotid glomus in horizontal section; **b** – CT is a picture of patient T. with a tumor of the carotid glomus in sagittal section.



**Fig. 5. a** – ultrasound with a Doppler examination of patient T.; **b** – ultrasound with a Doppler examination of a patient with a chemodectoma.

with Omnipak 350 contrast agent, the common, external and internal carotid arteries were visualized, the formation of a bifurcation in the projection was not determined, as well as the vessels feeding this zone were not detected (Fig. 1). To exclude an error, angiographic examination was performed in different projections, including using MPCT (Fig. 2a). It was decided that the formation of soft tissues of the neck is not a chemodectoma, but a lymph node. In the angiographic operating room under ultrasound control with Doppler examination (Fig. 5), a trepan (cor) biopsy was performed, columns of whitish tissue were obtained – 2 columns. After the biopsy, a control angiography of the carotid arteries was performed on the left (on the biopsy side), there were no signs of paravasal spread of the contrast agent. The patient was transferred to the ward in a satisfactory condition and discharged on the second day.

Histological conclusion: epithelioid cell malignant tumor in the lymph node of the neck, to clarify the histological type, the material is directed to IHC.

IHC – in tumor cells, a pronounced cytoplasmic granular reaction with a/a to Synaptophysin (clone MRQ40 Cell Marque Corporation USA), Chromo-

granin-A (clone LK2H10 Ventana), CD56 (clone 123C3 Ventana), S100 (clone 4C4.9 Ventana) – signs of paraganglioma metastasis.

### Conclusion

This clinical case shows the complexity of differential diagnosis of tumors of the carotid glomus and metastatic lymph node of the neck. based on ultrasound of cervical lymph nodes and soft tissues, CT of the head and neck, as well as X-ray angiography of the brachiocephalic arteries.

Histological examination is the most reliable, but also dangerous method, given the risks of bleeding and neurological disorders. Conducting a trepan biopsy under the supervision of ultrasound and angiography of the arteries of the head and neck with MPC reduces these risks and allows a correct diagnosis.

At the initial stages of the diagnostic search, such patients may not immediately get to an oncologist, the most common primary link are internists, cardiovascular surgeons, and X-ray endovascular surgeons.

### Список литературы [References]

1. Sayed A., Elwan H., Abdelalim A. Carotid Body Tumours: A Review of 50 Cases. *Kasr Al-Ainy J. Surg.* 2011, 12 (2), 41–50.
2. Fracs W., Goh F. Current Concepts in the Management of Carotid Body Tumours. *Med. J. Malaysia.* 2011, 4, 268–271.
3. Davidovic L.B., Djukic V.B., Vasic D.M. et al. Diagnosis and treatment of carotid body paraganglioma: 21 years of experience at a clinical center of Serbia. *Wld J. Surg. Oncol.* 2005, 3 (1), 10. <https://doi.org/10.1186/1477-7819-3-10>
4. Luna-Ortiz K., Rascon-Ortiz M., Villavicencio-Valencia V. et al. Carotid body tumors: review of a 20-year experience. *Oral. Oncol.* 2005, 41 (1), 56–61. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2004.06.006>
5. Hurtado-Lopez L.M., Fink-Josephi G., Ramos-Méndez L., Dena-Espinoza E. Nonresectable carotid body tumor: hybrid surgical procedure to achieve complete and safe resection. *Head Neck.* 2008, 30 (12), 1646–1649. <https://doi.org/10.1002/hed.20808>
6. Bhat M.A., Zaroo M.I., Lone Gh.N. Surgical management of the carotid body tumors. *Indian J. Surg.* 2006, 68 (3), 146–149.

7. Obholzer R.J., Hornigold R., Connor S., Gleeson M.J. Classification and management of cervical paragangliomas. *Ann. R. Coll. Surg. Engl.* 2011, 93 (8), 596–602. <https://doi.org/10.1308/147870811X13137608455172>
8. Maxwell J.G., Jones S.W., Wilson E. et al. Carotid body tumor excisions: adverse outcomes of adding carotid endarterectomy. *J. Am. Coll. Surg.* 2004, 198 (1), 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2003.08.024>
9. Ma D., Liu L., Yao H. et al. A retrospective study in management of carotid body tumour. *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2009, 47, 461–465. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2009.06.006>
10. Вайшенкер П.Г. Клинические формы гломусных опухолей височной кости и основания черепа. *Вопросы нейрохирургии.* 1978, 6, 21–26. PMID: 216196  
Vaishenker P.G. Clinical forms of glomus tumors of the temporal bone and base of the skull. *Burdenko's Journal of Neurosurgery.* 1978, 6, 21–26. PMID: 216196 (In Russian)
11. Вайшенкер П.Г. О продолженном росте и рецидиве гломусной опухоли среднего уха и основания черепа. *Журнал ушных, носовых и горловых болезней.* 1976, 1, 57–62.  
Vaishenker P.G. Prolonged growth and recurrence of a glomus tumor of the middle ear and the skull base. *Journal of the Diseases of the Ear, the Nose and the Throat.* 1976, 1, 57–62. (In Russian)
12. Вайшенкер П.Г. О семейном заболевании гломусной опухолью. *Журнал ушных, носовых и горловых болезней.* 1979, 1, 76–77.  
Vaishenker P.G. Family history of glomus tumor *Journal of the Diseases of the Ear, the Nose and the Throat.* 1979, 1, 76–77. (In Russian)
13. Антонив Т.В., Коваль И.В., Антонив В.Ф., Попадюк В.И. Этиология, патогенез, особенности диагностики и лечения при хемодектомах барабанного, пирамидального, вагального и югулярного гломусов. *Медицинский совет.* 2015, 7, 78–79.  
Antoniv T.V., Koval I.V., Antoniv V.F., Popadiuk V.I. Etiology, pathogenesis and peculiarities of the diagnosis and treatment of chemodectomas of the tympanic, pyramidal, vagal and jugular glomuses. *Medical Council.* 2015, 7, 78–79. (In Russian)
14. Покровский А.В. Клиническая ангиология. Т. 2. М.: Медицина, 2004, 495–510.  
Pokrovskiy A.V. Clinical angiology. Vol.2. Moscow: Meditsina publishers, 2004, 495–510. (In Russian)
15. Singh D., Pinjala R.K., Reddy R.C., Satya Vani P.V. Management for carotid body paragangliomas. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2006, 5 (6), 692–695. <https://doi.org/10.1510/icvts.2006.135772>
16. LaMuraglia G.M., Fabian R.L., Brewster D.C. et al. The current surgical management of carotid body paragangliomas. *J. Vasc. Surg.* 1992, 15 (6), 1038–1044. Discussion 1044–1045. <https://doi.org/10.1067/mva.1992.35505>
17. Михайлов И.П., Кунгурцев Е.В., Нефедова Г.А., Арустамян В.А. Хирургическое лечение больной с опухолью каротидного гломуса. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2018, 11 (3), 70–74. <https://doi.org/10.17116/kardio201811370>  
Mikhailov I.P., Kungurtsev E.V., Nefedova G.A., Arustamyan V.A. Surgical treatment of patient with carotid body tumor. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery.* 2018, 11 (3), 70–74. <https://doi.org/10.17116/kardio201811370> (In Russian)
18. Poprachova A., Vachalova M., Filipcikova R. et al. Hemodektom – charakteristika, zkusenosti s lecbou. *Onkologie.* 2012, 6 (6), 338–340. (In Czech)
19. Дудицкая Т.К. Параганглиомы шеи: клиника, диагностика и лечение: Дис. ... д-ра мед. наук. М., 2000.  
Duditskaya T.K. Paragangliomas of the neck: clinical features, diagnosis and treatment: Doctoral thesis (Med.). Moscow, 2000. (In Russian)
20. Степанов Р.Р. Диагностика и хирургическое лечение каротидных хемодектом: Дис. ... канд. мед. наук. М., 2000.  
Stepanov R.R. Diagnosis and surgical treatment of carotid chemodectoma. Cand. Thesis (Med.). Moscow, 2000. (In Russian)
21. Матякин Е.Г., Дан В.Н., Шубин А.Д. и др. Параганглиомы шеи (хемодектома). М., Вердана, 2005. 240 с.  
Matiakin E.G., Dan V.N., Shubin A.D. et al. Paraganglioma of the neck (chemodectoma). Moscow, Verdana publishers, 2005. 240 p. (In Russian)
22. Фалилеев Г.В., Джумаев М.Г., Дудицкая Т.К. и др. Хемодектома шеи. Хирургия. 1987, 9, 30–34.  
Falileev G.V., Djumaev M.G., Duditskaya T.K. et al. Chemodectoma of the neck. *Surgery.* 1987, 9, 30–34. (In Russian)
23. Шубин А.А., Грязнов О.Г., Тер-Хачатурова И.Е., Шутихина И.В. Опыт хирургического лечения каротидных хемодектом. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия.* 1997, 2, 183–184.  
Shubin A.A., Griaznov O.G., Ter-Khachaturova I.E., Shutikhina I.V. Experience with surgical treatment of carotid chemodectoma. *Grudnaya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya.* 1997, 2, 183–184 (In Russian)
24. Hallett J.W., Nora J.D., Hollier L.H. et al. Trends in neurovascular complications of surgical management for carotid body and cervical paragangliomas: a fifty-year experience with 153 tumors. *J. Vasc. Surg.* 1988, 7, 284–291. [https://doi.org/10.1016/0741-5214\(88\)90147-4](https://doi.org/10.1016/0741-5214(88)90147-4)
25. Rosa M., Sahoo S. Bilateral carotid body tumor: the role of fine-needle aspiration biopsy in the preoperative diagnosis. *Diagn. Cytopathol.* 2008, 36 (3), 178–180. <https://doi.org/10.1002/dc.20775>
26. Осадчий А.С., Вачев А.Н., Дмитриев О.В., Степанов М.Ю., Кириченко Н.Д. Опухоль каротидная (хемодектома). *Russian Electronic Journal of Radiology.* 2012, 2 (2), 56–59.  
Osadchiy A.S., Vachev A.N., Dmitriev O.V. et al. Tumour caroticum (chemodectoma). *Russian Electronic Journal of Radiology.* 2012, 2 (2), 56–59. (In Russian)
27. Knight T.T. Jr, Gonzalez J.A., Rary J.M., Rush D.S. Current concepts for the surgical management of carotid body tumor. *Am. J. Surg.* 2006, 191 (1), 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2005.10.010>
28. Загоруйко А.И., Козлов Д.В., Рыков С.П., Егодаре С.Ч. Этапное лечение рака почки – суперселективная эмболизация с применением плоскодетекторной компьютерной томографии и последующей хирургической резекцией. *Международный журнал интервенционной кардиоангиологии.* 2022, 70, 28–36.  
Zagorulko A.I., Kozlov D.V., Rykov S.P., Egodage S.Ch. Stagemwise treatment of kidney cancer – superselective embolization with the use of flat panel computed tomography and subsequent surgical resection. *International*



- Journal of Interventional Cardioangiology*. 2022; 70: 28–36. (In Russian)
29. Загорулько А.И., Черняев М.В., Козлов Д.В., Голубцов А.К. Лечение плоскоклеточного рака головы и шеи комбинированным методом на основе трансартериальной химиоэмболизации. Клиническое наблюдение. *Лабораторная и клиническая медицина. Фармация*. 2024, 4 (1), 25–33. <https://doi.org/10.14489/lcmp.2024.01.pp.025-033>
- Zagorulko A.I., Chernyaev M.V., Kozlov D.V., Golubcev A.K. Treating of Head and Neck Squamous Cell Carcinoma with Superselective Intraarterial Chemoinfusion. Clinical Report. *Laboratory and Clinical Medicine. Pharmacy*. 2024, 4 (1), 25–33. <https://doi.org/10.14489/lcmp.2024.01.pp.025-033> (In Russian)
30. Константинов Б.А., Гавриленко А.В., Скрылев С.И., Степанов Р.Р. Хирургическое лечение больных каротидной хемодектомой. *Хирургия*. 2000; 2: 4–10. Konstantinov B.A., Gavrilemno A.V., Skrylev S.I., Stepanov R.R. Surgical treatment of patient s with carotid chemodectoma. *Khirurgia*. 2000, 2, 4–10. (In Russian)
31. Москаленко Ю.Д., Спиридонов А.А., Клионер Л.И. и др. Реконструктивная хирургия сонных артерий при радикальном удалении каротидных хемодектом. *Клиническая хирургия*. 1985, 7, 14–17. Moskalenko Yu.D., Spiridonov A.A., Klioner L.I. et al. Reconstructive surgery of the carotid arteries during radical excision of carotid chemodectoma. *Klinicheskaya khirurgia*. 1985, 7, 14–17. (In Russian)

## Сведения об авторах [Authors info]

**Загорулько Алексей Иванович** – канд. мед. наук, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения №2 ГБУЗ города Москвы “Онкологический центр №1 Городской клинической больницы имени С.С. Юдина ДЗ города Москвы”; врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению, ассистент кафедры кардиологии, рентгенэндоваскулярных и гибридных методов диагностики и лечения ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы” Минобрнауки России, Москва. <https://orcid.org/0009-0000-9735-8073>. E-mail: alexrus80@yandex.ru

**Нистратов Григорий Павлович** – канд. мед. наук, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения №2 ГБУЗ города Москвы “Онкологический центр №1 Городской клинической больницы имени С.С. Юдина ДЗ города Москвы”, Москва. E-mail: hyppokrat-g@mail.ru

**Голубцов Андрей Константинович** – доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением опухолей головы и шеи ГБУ Московской области “Московский областной онкологический диспансер”, Балашиха, Московская обл. <https://orcid.org/0000-0001-8619-929X>. E-mail: andgol09@yandex.ru

**Козлов Денис Владимирович** – канд. мед. наук, врач сердечно-сосудистый хирург ГБУЗ города Москвы “Московский многопрофильный клинический центр “Коммунарка” ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0009-0008-7674-9751>

**Рыков Станислав Павлович** – врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения №2 ГБУЗ города Москвы “Онкологический центр №1 Городской клинической больницы имени С.С. Юдина ДЗ города Москвы”, Москва. E-mail: stanislav.rukov@yandex.ru

\* **Адрес для переписки:** Нистратов Григорий Павлович – hyppokrat-g@mail.ru

**Alexey I. Zagorulko** – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of X-ray Endovascular Methods of Diagnosis and Treatment No. 2, Oncological Center No.1 of Moscow City Hospital named after S.S. Yudin, Moscow Healthcare Department; Assistant of the Department of Cardiology, X-ray endovascular and hybrid methods of diagnosis and treatment of the Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow. <https://orcid.org/0009-0000-9735-8073>. E-mail: alexrus80@yandex.ru

**Grigory P. Nistratov** – Cand. of Sci. (Med.), Doctor of the Department of X-ray Endovascular Methods of Diagnosis and Treatment No. 2, Oncological Center No.1 of Moscow City Hospital named after S.S. Yudin, Moscow Healthcare Department, Moscow. E-mail: hyppokrat-g@mail.ru

**Andrey K. Golubcov** – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Oncological Department (head and neck tumors) in Moscow Regional Oncological Dispensary” Balashikha, Moscow region. <https://orcid.org/0000-0001-8619-929X>. E-mail: andgol09@yandex.ru

**Denis V. Kozlov** – Cand. of Sci. (Med.), cardiovascular surgeon in Moscow multidisciplinary clinical center “Kommunarka” of Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0009-0008-7674-9751>. E-mail: kozlovden@mail.ru

**Stanislav P. Rykov** – Doctor of the Department of X-ray Endovascular Methods of Diagnosis and Treatment No. 2, Oncological Center No.1 of Moscow City Hospital named after S.S. Yudin, Moscow Healthcare Department, Moscow. E-mail: stanislav.rukov@yandex.ru

\* **Address for correspondence:** Grigory P. Nistratov – hyppokrat-g@mail.ru

**Статья получена** 5 ноября 2024 г.  
**Manuscript received** on November 5, 2024.

**Принята в печать** 14 января 2025 г.  
**Accepted for publication** on January 14, 2025.

# Транскатетерная эмболизация ветвей подколенной артерии как метод лечения болевого синдрома при гонартрозе: патогенетическое обоснование метода и обзор литературы

А.В. Святова<sup>1, 2\*</sup>, К.Л. Козлов<sup>1</sup>, В.В. Хоминец<sup>1</sup>, С.В. Шендеров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБВОУ ВО “Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова” Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> СПб ГБУЗ “Городская больница №26”, Санкт-Петербург, Россия

**Цель исследования:** провести обзор исследований эффективности применения транскатетерной эмболизации ветвей подколенной артерии (ТЭВПА), представленных в литературе; дать патогенетическое обоснование эффективности данного метода лечения.

**Обоснование.** Остеоартроз (ОА) является значимой медико-социальной проблемой, являясь ведущей причиной инвалидности в мире. Учитывая рост “пожилой популяции”, заболеваемость неуклонно растет. Основным симптомом ОА является боль, которая значительно снижает качество жизни пациентов. Несмотря на большой арсенал методов лечения болевого синдрома, включающих фармакотерапию, физиотерапию и лечебную физкультуру, ни один из методов не дает абсолютной эффективности. Существует необходимость в поиске новых эффективных малоинвазивных методов лечения, каким может стать ТЭВПА.

**Методы.** Был произведен анализ литературных источников с целью изучения патогенеза боли при ОА и эффективности ТЭВПА на базе Pubmed, Elibrary и Google Scholar.

**Результаты.** В основе патогенеза болевого синдрома при ОА лежит воспаление, приводящее к неогенезу и образованию новых нервных окончаний в суставе. ТЭВПА показывает хорошие результаты в виде уменьшения выраженности болевого синдрома у пациентов с легким и умеренным гонартрозом (ГА) с отдаленным эффектом до 2 лет. Однако у пациентов с тяжелой степенью ОА, несмотря на значимое снижение уровня боли через месяц после операции, в дальнейшем он возвращался к исходным значениям, что свидетельствует о неэффективности метода у данной группы больных. Кроме снижения уровня боли, оцененного с помощью опросников, доказано влияние лечения на синовит в суставе, который оценивался до и после операции с помощью контрастной МРТ коленного сустава. Данный метод является относительно безопасным, после вмешательства не было отмечено серьезных побочных эффектов и осложнений.

**Заключение.** ТЭВПА является эффективным и безопасным методом лечения болевого синдрома, устойчивого к консервативной терапии. Требуется дальнейшее изучение эффективности данной методики, проведение крупных рандомизированных исследований.

**Ключевые слова:** транскатетерная эмболизация ветвей подколенной артерии; остеоартроз; гонартроз; боль; патогенез

**Для цитирования:** А.В. Святова, К.Л. Козлов, В.В. Хоминец, С.В. Шендеров. Транскатетерная эмболизация ветвей подколенной артерии как метод лечения болевого синдрома при гонартрозе: патогенетическое обоснование метода и обзор литературы. *Международный журнал интервенционной кардиоангиологии*. 2024; 79 (4): 76–87. <https://doi.org/10.24835/1727-818X-79-76>

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Источники финансирования:** работа выполнена без спонсорской поддержки.

# Transcatheter embolization of popliteal artery as a treatment method for pain syndrome in gonarthrosis: pathogenetic rationale for the method and literature review

A.V. Svyatova<sup>1, 2</sup>, K.L. Kozlov<sup>1</sup>, V.V. Khominets<sup>1</sup>, S.V. Shenderov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Military Medical Academy named after S.M. Kirov, Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> St. Petersburg City Clinical Hospital №26, St. Petersburg, Russia

**Objectives:** to conduct a review of studies on TEPA effectiveness presented in the literature; to provide a pathogenetic rationale for this treatment method effectiveness.

**Rationale.** Osteoarthritis (OA) is a serious medical and social problem as the leading cause of disability worldwide. Due to the growth of the "elderly population" the incidence rate is constantly increasing. The main symptom of OA is pain, which significantly reduces the quality of life of patients. Despite the extensive toolset of treatment methods for pain syndrome, including drug therapy, physiotherapy and exercise therapy, none of the methods provides absolute effectiveness. There is a need to find new effective minimally invasive treatment methods, one of which may be TEPA.

**Methods.** In order to study pathogenesis of pain in OA and TEPA effectiveness, analysis of literature sources based on Pubmed, Elibrary, and Google Scholar was performed.

**Results.** The pathogenesis of pain syndrome in OA is based on inflammation, leading to neoangiogenesis and the development of new nerve terminals in a joint. TEPA demonstrates good results decreasing severity of pain syndrome in patients with mild and moderate OA with a long-term effect of up to 2 years. However, in patients with severe OA, despite significant pain alleviation one month after surgery, it subsequently returned to baseline values, which indicates the ineffectiveness of the method in this group of patients. In addition to the pain alleviation assessed using questionnaires, the effect of treatment on synovitis in the joint was demonstrated, which was assessed before and after surgery using contrast MRI of the knee joint. This method is relatively safe; no serious side effects or complications were observed after the intervention.

**Conclusion.** TEPA is effective and safe treatment method for pain syndrome resistant to conservative therapy. Effectiveness of this method requires further investigations and conduction of large randomized studies.

**Keywords:** transcatheter embolization of popliteal artery branches; osteoarthritis; gonarthrosis; pain; pathogenesis

**For citation:** A.V. Svyatova, K.L. Kozlov, V.V. Khominets, S.V. Shenderov. Transcatheter embolization of popliteal artery as a treatment method for pain syndrome in gonarthrosis: pathogenetic rationale for the method and literature review. *International Journal of Interventional Cardioangiology*. 2024; 79 (4): 76–87. <https://doi.org/10.24835/1727-818X-79-76>

**Conflict of interest:** The authors declare that they have no conflict of interest.

## Краткий тезис

Остеоартроз (ОА) является значимой медико-социальной проблемой, являясь ведущей причиной инвалидности мире. Основным симптомом ОА является боль, значимо снижающая качество жизни пациентов. На сегодняшний день существует необходимость в поиске новых эффективных методов лечения болевого синдрома. Одним из таких методов может стать ТЭВПА. В небольшом количестве исследований данный метод показал свою высокую эффективность и относительную безопасность.

## Список сокращений

ОА – остеоартроз  
 ГА – гонартроз  
 ТЭВПА – траскатетерная эмболизация ветвей подколенной артерии  
 ПА – подколенная артерия

## Актуальность

Остеоартроз (ОА) – заболевание опорно-двигательного аппарата, являющееся в настоящий момент ведущей причиной инвалидности во всем мире.



По данным мировой статистики, число больных ОА за последнее десятилетие увеличилось почти в 2,5 раза, возрастая в среднем на 600 тыс. человек в год (1). Одной из наиболее часто встречающихся его локализаций является поражение коленного и тазобедренного суставов. В РФ гонартрозом (ГА) и коксартрозом страдают около 13% населения старше 18 лет, а прирост заболеваемости составляет 20% в год (2). Учитывая расширение “пожилой популяции”, для которой наиболее характерно данное заболевание, к 2050 г. прогнозируется увеличение заболеваемости примерно на 74,9% (3).

Социальная значимость данного заболевания определяется ростом связанных с ним нетрудоспособности, инвалидности, а также снижением качества жизни (4). Превалирующим симптомом ОА является боль в суставе, уровень которой не всегда соотносится с тяжестью заболевания.

Несмотря на большой арсенал методов лечения болевого синдрома, которые включают фармакотерапию, физиотерапию и лечебную физкультуру, ни один из методов не дает абсолютной эффективности. Таким образом, существует необходимость в разработке новых эффективных малоинвазивных методов лечения данного заболевания (5). Одним из таких перспективных методов является транскатетерная эмболизация ветвей подколенных артерий (ТЭВПА).

### **Патофизиология болевого синдрома при гонартрозе**

Коленный сустав представлен сочленением дистального отдела бедренной кости, проксимального отдела большеберцовой кости и надколенника, суставные поверхности которых покрыты гиалиновым хрящом, который в норме является аваскулярной бесклеточной структурой. Пространство между суставными поверхностями заполнено суставной жидкостью, вырабатываемой синовиальной оболочкой. Та, в свою очередь, – двуслойная. Интима состоит из синовиоцитов А и В типов, первые из которых являются макрофагами и выполняют барьерную функцию, а вторые – фибробластами, синтезирующими различные белковые молекулы, необходимые для питания хряща (6). Субинтимальный слой относительно бесклеточный и содержит кровеносные (капилляры, артериолы и вены) и лимфатические сосуды, а также нервные оконча-

ния, что подтверждается при микроскопическом исследовании синовиальной оболочки с использованием различных красителей и иммуногистохимических методов (7).

За последние годы появилось много данных, доказывающих, что основой прогрессирования ОА является воспаление, способствующее неоангиогенезу и росту новых нервных окончаний в суставе, тогда как повреждение хряща является лишь пусковым фактором (8).

Разрушение хряща активирует выброс большого количества провоспалительных факторов, которые способствуют росту новых сосудов. С. Wang и соавт. выделяют несколько сигнальных путей, ответственных за неоангиогенез в суставе, которые регулируют фактор роста эндотелия сосудов (VEGF), фактор роста фибробластов (FGF), фактор, индуцируемый гипоксией 1 (HIF-1), и сигнальный путь Notch, которые взаимодействуют между собой. Нарушение регуляции этих путей приводит к аномальному ангиогенезу, тем самым способствуя прогрессированию повреждения хряща и выбросу большого количества провоспалительных хемокинов, таких как IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$  и др. (9). Действие последних приводит к апоптозу клеток, повышению метаболической активности в хряще, тем самым ускоряя его дегенерацию, что создает пространства для новых сосудов. В результате между воспалительной реакцией и ангиогенезом образуется порочный круг, в котором воспалительные медиаторы способствуют ангиогенезу, а вновь образованные кровеносные сосуды выделяют дополнительные воспалительные медиаторы, еще больше ускоряя разрушение хряща. Новые сосуды прорастают во внутреннюю часть хряща, изменяя его исходную аваскулярную среду. Это приводит к увеличению окислительного повреждения и перекисного окисления липидов, усугубляя дегенерацию. Данный факт был доказан экспериментально: уровни воспалительного фактора в суставной жидкости у крыс с ОА были намного выше, чем в группе со здоровыми суставами, а ингибирование ангиогенеза помогало подавить воспалительную реакцию, ограничивая привлечение иммунных клеток и провоспалительных медиаторов к месту повреждения (10, 11).

С одной стороны, ангиогенез мог бы быть полезен для хряща и всего сустава в целом,

так как в теории должен улучшать доставку кислорода, питательных веществ и факторов роста к месту повреждения хряща и в его глубокие слои, тем самым поддерживая его метаболическую активность, необходимую для выживания и восстановления клеток, облегчая деление и миграцию мезенхимальных клеток, способствуя ремоделированию хряща, а также помогая в удалении “метаболических отходов” из мест повреждения. Однако порочный круг, состоящий из неоангиогенеза и выброса большого числа хемокинов, только усугубляет разрушение хряща, что в конечном итоге приводит к образованию фиброзной сосудистой рубцовой ткани, которая не обладает структурными и функциональными характеристиками нативного гиалинового хряща (12).

Неоангиогенез и активация эндотелиальных клеток сосудов при ОА, в свою очередь, являются важным фактором, способствующим генерации болевых сигналов. Исследования показали, что эндотелиоциты способствуют повышенной секреции фактора роста нервов (NFG), который инициирует разрастание нервных волокон, усиливающих периферическую болевую чувствительность, а также изменяет порог иннервации для нейронов поблизости (13). Другие факторы, такие как нетрин-1 и моноцитарный хемотаксический белок-1 (CC), участвуют в развитии боли, способствуя прорастанию аксонов через субхондральную кость и вызывая сенсбилизацию задних корешков спинного мозга, что замыкает болевую цепочку.

Факт того, что увеличение числа кровеносных сосудов и нервных окончаний в суставе является возможным источником боли при ОА, селективная окклюзия этих сосудов может уменьшить выраженность болевого синдрома при консервативном лечении ОА различных стадий, в том числе у пациентов, имеющих противопоказания к хирургическому лечению. Кроме того, селективная окклюзия сосудов может уменьшить приток медиаторов воспаления и провоспалительных цитокинов (14).

### **Эффективность ТЭВПА по данным различных исследований**

Научных данных, касающихся эффективности ТЭВПА, сравнительно мало, однако все они иллюстрируют хорошие результаты. В ходе поиска было найдено 9 исследований, начиная с 2017 г., один из которых является систематическим обзором.

Во всех исследованиях оценка болевого синдрома производилась с помощью опросников и шкал, таких как ВАШ, WOMAC и KOOS, из них последние два являются специфичными опросниками для оценки ОА коленного и тазобедренного суставов (15, 16).

Так, в 2017 г. вышло проспективное когортное исследование эффективности эмболизации ветвей ПА, в которое вошло 92 коленных сустава с легким и умеренным ОА (1–3-й степени по Kellgren–Lawrence (KL)), сопровождающимся болевым синдромом, устойчивым к консервативной терапии. Эффективность лечения оценивалась через 1, 4, 6 мес, а далее каждые полгода в течение 4 лет. Клинический успех определялся снижением боли по шкале WOMAC не менее чем на 50%. Рецидив боли на уровне, превышающем 50% от первоначального балла по шкале боли WOMAC и сохраняющемся более 2 мес, считался клинической неудачей и пациентам предлагалось выполнение повторной операции. В результате лечения исследователями было отмечено снижение среднего балла боли и общего балла по шкале WOMAC и ВАШ примерно в 2 раза по сравнению с исходным через 1 мес, с дальнейшим его снижением в динамике. Клинический успех через 6 мес наблюдения составил 86,3%. 13 пациентам потребовалась повторная операция из-за недостаточного уменьшения боли или краткосрочного рецидива. Четыре пациента были потеряны. Клинический успех через 2 года после первой эмболизации составили 85,2% в коленях с ОА 1–2-й степени по шкале KL и 69,8% в коленях с ОА 3-й степени по шкале KL. Из всего этого были сделаны выводы, что пациенты с более тяжелыми дегенеративными изменениями сустава (степень KL 3) показали более низкую частоту клинического успеха через 6 мес, чем пациенты с легкими изменениями (степень KL 1–2) (17).

В других исследованиях эмболизация также показала хорошие результаты. Так, в ретроспективном исследовании S.H. Lee и соавт. в группе пациентов с легким и умеренным ГА отмечалось значительное клиническое улучшение в виде снижения уровня боли по шкале ВАШ с 55 до 19 через 6 мес, которое сохранялось как минимум 19 мес (в дальнейшем пациенты не были отслежены). Однако в группе с тяжелым ГА, несмотря на значительное снижение балла ВАШ через 1 мес после операции, в динамике

болевым синдром возвращался к начальным значениям. Это свидетельствует о том, что эмболизация эффективна только у пациентов с 1–3-й степенью ОА (18). Хорошие результаты были получены и в других исследованиях (19–21).

Недостатком всех этих исследований является отсутствие рандомизации и фиксации отдаленных результатов. В 2021 г. S. Bagla и соавт. провели первое небольшое рандомизированное исследование, в которое вошел 21 пациент, 14 из которых были рандомизированы в группу эмболизации и 7 – в группу плацебо. В результате исследования все пациенты, которым была назначена “фиктивная” процедура, через месяц перешли в группу лечения ввиду сохранения у них выраженного болевого синдрома, в то время как в группе, в которой проводилась эмболизация, через 1 мес выраженность боли в колене по шкале ВАШ снизилась на 51 балл, а в группе плацебо всего на 1 балл (22).

В 2024 г. L.R. Cusumano и соавт. опубликовали наиболее отдаленные результаты лечения боли с помощью эмболизации ветвей ПА. 18 (47,4%) из 38 пациентов продемонстрировали снижение среднего балла WOMAC через 24 мес после лечения не менее чем на 50% от исходного. В подгруппе пациентов с первоначальным клиническим успехом через 12 мес 18 (72,0%) из 25 сообщили о стойком клиническом успехе через 24 мес. У 7 (28,0%) из 25 пациентов наблюдался рецидив симптомов в интервале между 12 и 24 мес, что было определено как клиническая неудача (23).

Несмотря на эффективность опросников и шкал в качестве инструментов для оценки уровня боли, особый интерес представляет использование инструментальных методов исследования, способных оценить влияние эмболизации на субстрат заболевания. В сентябре 2024 г. вышло ретроспективное описательное исследование, в котором эффективность транскатетерной эмболизации оценивалась не только клинически, а также по снижению выраженности синовита по данным МРТ с контрастным усилением, которая была проведена всем пациентам непосредственно до процедуры, а также через 3 мес после операции. Как и в других исследованиях, после операции у исследуемых отмечалось снижение баллов по шкалам WOMAC и ВАШ. Однако при сравнении МР-томограмм в динамике также были отмечены значительные результаты: так,

показатель контрастности синовиальной оболочки до вмешательства составил в среднем 5,1 мм с медианой 5 мм, к 3-му же месяцу после вмешательства этот показатель продемонстрировал статистически значимое снижение до среднего значения 2,9 мм с медианой 2 мм, что продемонстрировало заметное снижение оценок синовита после эмболизации коленных артерий у пациентов с ГА (24).

За последние 5 лет в России также появились сообщения о применении данной методики лечения. В 2021 г. Б.М. Шарафутдинов представил 3 клинических наблюдения применения ТЭВПК у пациентов с ОА коленного сустава 3-й степени по KL и стойким болевым синдромом, не поддающимся консервативным методам лечения, в которых также достигли отличных результатов (14).

В 2023 г. вышли результаты другого российского исследования, которое проводилось на базе травматолого-ортопедического и отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГАУЗ “Оренбургская областная клиническая больница имени В.И. Войнова” в течение года. В нем приняло участие 80 пациентов с гонартрозом I–II стадии по KL, с болевым синдромом, устойчивым к консервативной терапии. Данные пациенты были разделены на 2 равные группы, в первой группе было выполнено внутрисуставное введение раствора натриевой соли гиалуроновой кислоты (протез синовиальной жидкости), во второй выполняли ТЭВПА с использованием микросфер диаметром 150–250 мкм. Обе группы были сопоставимы по гендерно-возрастным характеристикам. Осложнений в обеих группах зарегистрировано не было. До малоинвазивного лечения в обеих группах пациентов были выявлены достаточно высокие показатели шкалы WOMAC, свидетельствующие о значительных клинико-функциональных нарушениях коленных суставов. Достоверных различий по этому показателю до лечения выявлено не было. Через 3 мес пациенты демонстрировали значительное улучшение в виде достоверного снижения баллов по шкалам WOMAC и Лисхольма в обеих группах, причем у пациентов в группе ТАЭ были достигнуты достоверно меньшие уровни данной шкалы (25).

Надо отметить, что, несмотря на большой объем пациентов, получивших данное лечение, не было отмечено серьезных осложнений. Так, сообщалось о гематоме в месте



доступа, кратковременных боли и изменения цвета кожи, у нескольких пациентов развилась кратковременная подошвенная парестезия и очаговая язва кожи. Последние два осложнения, вероятнее всего, связаны с использованием эмболизирующих частиц не подходящего размера и нецелевой эмболизации, что диктует необходимость подробного изучения анатомии кровоснабжения коленного сустава, возможных анатомозов между артериями, а также тщательного изучения ангиограмм перед выполнением эмболизации и использования подходящего эмболизата (26–28).

На сегодняшний день ввиду ограниченного опыта использования эмболизации ветвей ПА нет единого консенсуса относительно того, какой эмболизирующий материал наиболее безопасен и эффективен. Недавний метаанализ сравнил эффективность временных и постоянных эмболизирующих агентов. Результаты не показали значительных различий в результатах лечения пациентов между двумя группами (29). На основе данных литературы наиболее оптимальным и безопасным представляется использование в качестве эмболизирующего материала микросфер диаметром 100–300 мкм.

### Методика операции

Несмотря на некоторые различия в исследованиях и использование различных эмболизатов, алгоритм выполнения оперативного вмешательства строится по одинаковым принципам. В качестве доступа для выполнения ангиографии с последующей эмболизацией целевых артерий выступает антеградный доступ через общую бедренную артерию с использованием интродьюсеров 4–6 Fr.

Антеградный доступ производится путем пункции под местной анестезией общей бедренной артерии под рентгеновским или ультразвуковым контролем. После катетеризации выполняется ангиография нижней трети поверхностной бедренной артерии и подколенной артерии с 3D-реконструкцией. На полученных ангиограммах верифицируются зоны повышенной васкуляри-

зации, которые представлены в виде “сосудистого румянца” – сети повышенной васкуляризации. Особое внимание уделяется медиальной части коленного сустава.

В зависимости от анатомии артериальной сети коленного сустава выполняется селективная катетеризация целевой артерии диагностическим катетером 4–5 Fr, после чего по коронарному проводнику в сосуд заводится микрокатетер 0,021–0,027, через который вводятся эмболизационные частицы. При введении контрастного препарата в целевой сосуд многие пациенты отмечают схожие болевые ощущения, похожие на типичную боль в суставе. После эмболизации выполняется контрольная ангиография. Операция завершается наложением давящей повязки.

### Заключение

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что поиск новых методов лечения ОА и болевого синдрома, ассоциированного с ним, является важной медико-социальной задачей. В настоящий момент не существует такого метода лечения, позволяющего полностью справиться с болью, а также замедлить прогрессирование дегенерации сустава, тем самым помогая отсрочить либо полностью избежать его протезирование. ТЭВПА, несмотря на ограниченное количество данных, показывает хорошие результаты в виде уменьшения выраженности болевого синдрома у пациентов с легким и умеренным ГА с отдаленным эффектом до 2 лет. Однако данные исследования также показывают отсутствие долгосрочного эффекта лечения у пациентов с тяжелой степенью заболевания. Кроме снижения уровня боли, оцененного с помощью опросников, доказано, что данный метод лечения влияет на синовит в суставе, что было доказано при выполнении контрастной МРТ до и после операции. ТЭВПА также является относительно безопасным методом. Требуется дальнейшее изучение эффективности данной методики в отдаленной перспективе, а также использование для этого, помимо опросников и шкал, инструментальных методов исследования, таких как МРТ сустава.

## Brief abstract

Osteoarthritis (OA) is a serious medical and social problem as the leading cause of disability worldwide. The main symptom of OA is pain, which significantly reduces the quality of life of patients. Currently there is a need to find new effective treatment methods for pain syndrome. TEPA may become one of such methods. In a small number of studies, this method has been shown to be highly effective and relatively safe.

## Abbreviations

OA – osteoarthritis  
 GA – gonarthrosis  
 TEPA – transcatheter embolization of popliteal artery  
 PA – popliteal artery

## Relevance

Osteoarthritis (OA) is a musculoskeletal disorder that currently is the leading cause of disability worldwide.

According to global statistics, the number of OA patients has increased almost 2.5 times over the past decade, increasing by an average of 600 000 people per year (1). One of the most common localizations of the disease is knee and hip joints. In the Russian Federation, approximately 13% of the population over 18 years old suffers from gonarthrosis and coxarthrosis, with an annual incidence increase of 20% (2). Given the growth of the “elderly population”, which is most affected by this disease, the prevalence of OA is predicted to increase by approximately 74.9% by 2050 (3).

The social significance of this condition is determined by the increasing rates of incapacity for work, disability, and decreasing quality of life (4). The predominant symptom of OA is joint pain, which does not always correlate with disease severity.

Despite the extensive toolset of treatment methods for pain syndrome, including drug therapy, physiotherapy and exercise therapy, none of the methods provides absolute effectiveness. Therefore, there is a need to develop new, effective, minimally invasive treatment methods for this disease (5). One of the promising methods is transcatheter embolization of the popliteal artery branches.

## Pathophysiology of pain syndrome in GA

The knee joint represents by articulation of the distal femur, the proximal tibia, and the

patella, with articular surfaces covered by hyaline cartilage, which is normally an avascular and acellular structure. The space between the articular surfaces is filled with synovial fluid, which is produced by the synovial membrane. The synovium itself is a bilayered structure. Its intima comprises type A and type B synoviocytes, with the former are macrophages that provide a barrier function and the latter are fibroblasts that synthesize various protein molecules necessary for cartilage nutrition (6). The subintimal layer is relatively acellular and contains blood vessels (capillaries, arterioles, and venules), lymphatic vessels, and nerve terminals, that has been confirmed through microscopic examination of the synovial membrane using various stains and immunohistochemical methods (7).

In recent years, much evidence has emerged showing that OA progression is based on inflammation, which promotes neoangiogenesis and the growth of new nerve terminals in the joint, whereas cartilage damage is merely a triggering factor (8).

Cartilage destruction activates the release of a significant number of pro-inflammatory mediators that promote the growth of new vessels. C.Wang et al. identified several signaling pathways responsible for joint neoangiogenesis, regulated by vascular endothelial growth factor (VEGF), fibroblast growth factor (FGF), hypoxia-inducible factor-1 (HIF-1), and the Notch signaling pathway, which interact with one another. Dysregulation of these pathways leads to abnormal angiogenesis, thereby contributing to cartilage damage progression and release of great amount of pro-inflammatory chemokines such as IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$ , etc (9). Chemokines induce apoptosis of chondrocytes and increase cartilage metabolic activity, accelerating its degeneration and creating space for new vessels. As a result, a vicious cycle is developed between the inflammatory response and angiogenesis, where inflammatory mediators promote angiogenesis, and the new blood vessels, in turn, release additional inflammatory mediators, further accelerating cartilage destruction. New blood vessels invade the inner layers of the cartilage, altering its originally avascular environment. This leads to increased oxidative stress and lipid peroxidation, further exacerbating degeneration. This fact was proven by experiments: inflammatory factor levels in the synovial fluid of rats with OA were significantly higher than in healthy controls,

while inhibition of angiogenesis helped suppress the inflammatory response by limiting the recruitment of immune cells and pro-inflammatory mediators to the site of damage (10, 11).

On one hand, angiogenesis could be benefit for cartilage and the joint as a whole by improving the delivery of oxygen, nutrients, and growth factors to the site of cartilage damage and its deep layers, thereby maintaining its metabolic activity, supporting cell survival and repair, facilitating mesenchymal cell division and migration, promoting cartilage remodeling, and aiding in the removal of metabolic waste from the site of damage. However, the vicious cycle of neoangiogenesis and release of large amount of chemokines only exacerbates cartilage destruction, ultimately leading to development of fibrous vascular scar tissue, which lacks the structural and functional characteristics of native hyaline cartilage (12).

Neoangiogenesis and activation of vascular endothelial cells in OA also play an important role in generation of pain signals. Studies have shown that endothelial cells contribute to increased secretion of nerve growth factor (NGF), which stimulates the growth of nerve fibers, enhances peripheral pain sensitivity, and alters the innervation threshold for nearby neurons (13). Other factors, such as netrin-1 and monocyte chemoattractant protein-1 (MCP-1), contribute to pain development by promoting axons growth through the subchondral bone, causing sensitization of dorsal roots of spinal nerve, perpetuating the pain cycle.

Given the fact that the increased number of blood vessels and nerve terminals in a joint is a potential source of pain in OA, selective occlusion of these vessels could reduce pain severity in patients receiving conservative treatment for OA of various stages, including patients with contraindications to surgical intervention. Moreover, selective vascular occlusion may reduce the influx of inflammatory mediators and pro-inflammatory cytokines (14).

### **TEPA efficacy according to various studies**

There is relatively little scientific data on the efficacy of transcatheter embolization of popliteal artery, but all of them illustrate good results. Literature search since 2017 identified 9 studies, one of which was a systematic review.

In all studies, pain assessment was performed using questionnaires and scales such as VAS, WOMAC, and KOOS, the last two of

which are specific questionnaires for assessing OA of knee and hip (15, 16).

Thus, in 2017, a prospective cohort study of the effectiveness of the PA embolization was published, where 92 knee joints with mild and moderate OA (Grades 1–3 according to the Kellgren Lawrence [KL] scale), accompanied by pain syndrome resistant to conservative therapy were evaluated. The treatment effectiveness was assessed after 1, 4, 6 months, and then every six months for 4 years. Clinical success was defined as a pain reduction according to the WOMAC scale of at least 50%. Recurrence of pain at the level greater than 50% of the initial WOMAC pain score and persisting for more than 2 months was considered clinical failure and patients were offered repeated intervention. The researchers noted that the treatment resulted in decrease of the average pain score and the total score according to WOMAC and VAS scales by approximately 2 times compared to the initial score after 1 month, with a further decrease over time. Clinical success after 6 months of observation was 86.3%. Repeated intervention was required in 13 patients due to inadequate pain reduction or short-term recurrence. Four patients were lost for follow-up. Clinical success at 2 years after the first embolization was 85.2% in knees with grade 1–2 OA according to the KL scale and 69.8% in knees with grade 3 OA according to the KL scale. Based on all this, it was concluded that patients with more severe degenerative changes in joints (KL grade 3) showed a lower rate of clinical success at 6 months than patients with mild changes (KL grade 1–2) (17).

In other studies, embolization has also demonstrated good results. Thus, in the retrospective study by S.H. Lee et al., a significant clinical improvement was observed in a group of patients with mild to moderate GA, with a decrease in pain level by VAS scale from 55 to 19 points after 6 months, which was maintained for at least 19 months (patients were not followed up further). However, in the group with severe GA, despite a significant reduction in VAS scores one month after the procedure, pain levels eventually returned to baseline over time. This suggests that embolization is effective only for patients with OA grades 1–3 (18). Good results have been obtained in other studies as well (19–21).

All these studies are limited by the lack of randomization and long-term outcome assessments. In 2021, S. Bagla et al. conducted



the first small randomized study, which included 21 patients: 14 were randomized into the embolization group and seven into the “placebo” group. As a result, all patients who underwent the “sham” procedure switched to the treatment group after one month due to persistent severe pain syndrome, whereas in the embolization group, knee pain by the VAS scale decreased by 51 points after one month, while in the placebo group, it decreased by only 1 point (22).

In 2024, L.R. Cusumano et al. published the most long-term results of treatment for pain using the PA branches embolization. Among 38 patients, 18 (47.4%) demonstrated at least a 50% reduction in the average WOMAC score in 24 months after treatment. In the subgroup of patients with initial clinical success at 12 months, 18 patients out of 25 (72.0%) reported sustained clinical success at 24 months. However, 7 patients out of 25 (28.0%) experienced symptom recurrence between 12 and 24 months, which was classified as a clinical failure (23).

Although pain assessment scales and questionnaires are effective tools for evaluating pain levels, instrumental diagnostic methods capable of assessing embolization effect on the disease are of particular interest. In September 2024, a retrospective descriptive study was published, in which the efficacy of transcatheter embolization was evaluated not only clinically but also by assessing the severity of synovitis using contrast-enhanced MRI that was performed on all patients immediately before the procedure and in three months after the intervention. As in other studies, patients demonstrated reductions in WOMAC and VAS scores after the procedure. However, significant results were noted at comparisons of MRI-scans over time: the mean synovial membrane contrast parameter before intervention was 5.1 mm (median 5 mm), while three months post-intervention, this value showed a statistically significant reduction to 2.9 mm on average (median 2 mm), indicating a notable decrease in synovitis severity following knee artery embolization in patients with GA (24).

Over the past five years, reports of the use of this treatment method have also appeared in Russia. In 2021, B.M. Sharafutdinov presented three clinical cases of TEPA in patients with knee OA of grade 3 by KL and persistent pain syndrome resistant to conservative therapy, achieving excellent results (14).

In 2023, results from another Russian study were published. The study was conducted over a year at the Department of traumatology and orthopedics and the Department of radiosurgical diagnostics and treatment at the State Budgetary Institution Orenburg Regional Clinical Hospital named after V.I. Voynov. It included 80 patients with KL stage I–II gonarthrosis and persistent pain syndrome resistant to conservative therapy. These patients were divided into two equal groups: in the first group, intra-articular injection of sodium hyaluronate (a synovial fluid prosthesis) was performed, while the second group underwent TEPA using microspheres with a diameter of 150–250 µm. Both groups were comparable in gender and age characteristics. No complications were reported in the both group. Before the minimally invasive treatment, patients in both groups had high WOMAC scores, indicating significant clinical and functional impairments of the knee joints. No significant differences in this parameter between the groups were identified before treatment. After three months, patients in both groups demonstrated significant improvements, with significant reductions in WOMAC and Lysholm scores. At that, patients in the TEPA group achieved significantly lower pain scores (25).

It should be noted that despite the large number of patients who received this treatment, no serious complications have been reported. Hematoma at the access site, transient pain, and skin discoloration as well as temporary plantar paresthesia and focal skin ulcers in a few patients were reported. The latter two complications were most likely associated with the use of embolizing particles of inappropriate size and non-target embolization, which indicates the need for a thorough understanding of knee joint vascular anatomy, potential anastomoses between arteries, careful evaluation of angiograms before embolization, and the use of appropriate embolic agent (26–28).

Due to the limited experience with embolization of popliteal artery branches, there is currently no consensus on the most safe and effective embolic agent. A recent meta-analysis compared the efficacy of temporary and permanent embolic agents. The results showed no significant difference in patient outcomes between the two groups (29). Based on the available literature data, the most optimal and safe embolic agent appears to be microspheres with a diameter of 100–300 µm.

## Procedure technique

Despite some variations in studies and the use of different embolic agents, algorithm of the surgical intervention follows the same principles. The preferred access for angiography and subsequent embolization of target arteries is the antegrade approach via the common femoral artery, using 4–6 Fr introducers.

The antegrade approach is performed under local anesthesia by puncturing the common femoral artery under X-ray or ultrasound guidance. After catheterization, an angiography of the distal superficial femoral artery and the popliteal artery is performed with 3D reconstruction. On the obtained angiograms, zones of hypervascularization appear as a “vascular blush” – increased vascular network. Special attention is paid to the medial part of knee joint.

Depending on the anatomy of the knee's arterial network, selective catheterization of the target artery is performed using 4–5 Fr diagnostic catheter. Subsequently, 0.021–0.027 microcatheter is introduced into the vessel over a coronary guidewire, and embolization particles are administered. Then, the “stop-contrast” effect appears. During contrast injection into the target vessel, many patients report pain sensations similar to their typical joint pain. After the embolization, control

angiography is performed. The procedure is completed with the application of a compression bandage.

## Conclusion

Considering the above, it can be concluded that the search for new treatment methods for OA and its associated pain syndrome remains an important medical and social challenge. Currently, no treatment method exists that can completely eliminate pain while also slowing joint degeneration, thereby delaying or even avoiding joint replacement surgery. Despite the limiting data, transcatheter embolization of the popliteal artery demonstrates good results decreasing severity of pain syndrome in patients with mild and moderate GA with a long-term effect of up to 2 years. However, study data also show that this treatment lacks long-term effectiveness in patients with severe disease. In addition to reducing pain level, as assessed by questionnaires, this treatment method has been shown to affect synovitis in the joint, which was demonstrated by contrast MRI before and after surgery. This treatment has also proven to be a relatively safe. Further research of the long-term effectiveness of this method is required, as well as the use of instrumental research methods, such as MRI of the joint, in addition to questionnaires and scales.

## Список литературы [References]

1. Галушко Е.А., Насонов Е.Л. Распространенность ревматологических заболеваний в России. *Альманах клинической медицины*. 2018, 46 (1), 32–39. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2018-46-1-32-39>  
Galushko E.A., Nasonov E.L. Prevalence of rheumatic diseases in Russia. *Almanac of Clinical Medicine*. 2018, 46 (1), 32–39. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2018-46-1-32-39> (In Russian)
2. Митрофанов В.А., Жадёнов И.И., Пучиньян Д.М. Остеоартроз: патогенез, факторы риска и современная терапия. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2008, 2, 23–30. <https://ssmj.ru/2008/2/023?ysclid=m7jabyd773694977321>  
Mitrofanov V.A., Zhadyonov I.I., Puchinyan D.M. Osteoarthritis: risk factors, pathogenesis and modern therapy. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2008, 2, 23–30. <https://ssmj.ru/2008/2/023?ysclid=m7jabyd773694977321> (In Russian)
3. GBD 2021 Osteoarthritis Collaborators. Global, regional, and national burden of osteoarthritis, 1990–2020 and projections to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Rheumatology*. 2023, 5 (9), e508–e522. [https://doi.org/10.1016/S2665-9913\(23\)00163-7](https://doi.org/10.1016/S2665-9913(23)00163-7)
4. Матвеев Р.П., Брагина С.В. Остеоартроз коленного сустава: проблемы и социальная значимость. *Экология человека*. 2012, 9, 53–62. <https://doi.org/10.17816/humeco17436>  
Matveev R.P., Bragina S.V. Knee joint osteoarthritis: problems and social significance. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2012, 19 (9), 53–62. <https://doi.org/10.17816/humeco17436> (In Russian)
5. Yao Q., Wu X., Tao C. et al. Osteoarthritis: pathogenic signaling pathways and therapeutic targets. *Signal Transduct. Target Ther.* 2023, 8 (1), 56. <https://doi.org/10.1038/s41392-023-01330-w>
6. Smith M.D. The normal synovium. *Open Rheumatol J.* 2011, 5, 100–106. <https://doi.org/10.2174/1874312901105010100>
7. Xu H., Edwards J., Banerji S. et al. Distribution of lymphatic vessels in normal and arthritic human synovial tissues. *Ann. Rheum. Dis.* 2003, 62 (12), 1227–1229. <https://doi.org/10.1136/ard.2003.005876>
8. Yao Q., Wu X., Tao C. et al. Osteoarthritis: pathogenic signaling pathways and therapeutic targets. *Signal Transduct. Target Ther.* 2023, 8 (1), 56. <https://doi.org/10.1038/s41392-023-01330-w>
9. Wang C., Gong S., Liu H. et al. Angiogenesis unveiled: Insights into its role and mechanisms in cartilage injury.

- Exp. Gerontol.* 2024, 195, 112537.  
<https://doi.org/10.1016/j.exger.2024.112537>
10. Kapoor M., Martel-Pelletier J., Lajeunesse D. et al. Role of proinflammatory cytokines in the pathophysiology of osteoarthritis. *Nat. Rev. Rheumatol.* 2011, 7 (1), 33–42. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2010.196>
  11. Visse R., Nagase H., Matrix metalloproteinases and tissue inhibitors of metalloproteinases: structure, function, and biochemistry. *Circ. Res.* 2003, 92 (8), 827–839. <https://doi.org/10.1161/01.RES.0000070112.80711.3D>
  12. Hunziker E.B. Articular cartilage repair: basic science and clinical progress. A review of the current status and prospects. *Osteoarthritis Cartilage.* 2002, 10 (6), 432–463. <https://doi.org/10.1053/joca.2002.0801>
  13. Vincent T.L., Miller R.E. Molecular pathogenesis of OA pain: Past, present, and future. *Osteoarthritis Cartilage.* 2024, 32(4), 398–405. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2024.01.005>
  14. Шарафутдинов Б.М. Успешный опыт транскатетерной артериальной эмболизации при гонартрозе у пациентов с выраженным болевым синдромом и при неэффективности консервативной терапии. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция.* 2021, 20 (3), 54–60. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2021-20-3-54-60>  
 Sharafutdinov B.M. Successful experience of transcatheter arterial embolization for gonarthrosis in patients with severe pain syndrome and ineffectiveness of conservative therapy. *Regional Blood Circulation and Microcirculation.* 2021, 20 (3), 54–60. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2021-20-3-54-60> (In Russian)
  15. Ahmed O., Epelboym Y., Haskal Z.J. et al. Society of Interventional Radiology Research Reporting Standards for Genicular Artery Embolization. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2024, 35(8), 1097–1103. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2024.04.018>
  16. Faschingbauer M., Kasperek M., Schadler P. et al. Predictive values of WOMAC, KOOS, and SF-12 score for knee arthroplasty: data from the OAI. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2017, 25 (11), 3333–3339. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4369-6>
  17. Okuno Y., Korchi A.M., Shinjo T. et al. Midterm Clinical Outcomes and MR Imaging Changes after Transcatheter Arterial Embolization as a Treatment for Mild to Moderate Radiographic Knee Osteoarthritis Resistant to Conservative Treatment. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2017, 28 (7), 995–1002. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2017.02.033>
  18. Lee S.H., Hwang J.H., Kim D.H. et al. Clinical outcomes of transcatheter arterial embolisation for chronic knee pain: mild-to-moderate versus severe knee osteoarthritis. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* 2019, 42, 1530–1536. <https://doi.org/10.1007/s00270-019-02289-4>
  19. Little M.W., Gibson M., Briggs J. Genicular artery embolization in patients with osteoarthritis of the Knee (GENESIS) using permanent microspheres: interim analysis. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* 2021, 44 (6), 931–940. <https://doi.org/10.1007/s00270-020-02764-3>
  20. Padia S.A., Genshaft S., Blumstein G. et al. Genicular artery embolization for the treatment of symptomatic knee osteoarthritis. *JB JS Open Access.* 2021, 44 (6), 931–994. <https://doi.org/10.1007/s00270-021-02849-7>
  21. Sun C.H., Gao Z.L., Lin K. et al. Efficacy analysis of selective genicular artery embolization in the treatment of knee pain secondary to osteoarthritis. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2022, 102, 795–800. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112137-20210926-02166>
  22. Bagla S., Piechowiak R., Sajan A. et al. Multicenter Randomized Sham Controlled Study of Genicular Artery Embolization for Knee Pain Secondary to Osteoarthritis. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2022, 33 (1), 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2021.09.019>
  23. Cusumano L.R., Sparks H.D., Masterson K.E. et al. Genicular Artery Embolization for Treatment of Symptomatic Knee Osteoarthritis: 2-Year Outcomes from a Prospective IDE Trial. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2024, 35 (12), 1768–1775. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2024.08.028>
  24. Dablan A., Erdim Ç., Güzelbey T. et al. Effectiveness of Genicular Artery Embolization for Reducing Synovitis as Assessed by Contrast-Enhanced MR Imaging in Knee Osteoarthritis: A Pilot Study. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2024, 35(9), 1313–1322. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2024.06.003>
  25. Аверьянов А.А., Демин В.В., Корочина К.В. Транскатетерная эмболизация ветвей подколенной артерии как способ эффективного лечения боли при гонартрозе. *Современные проблемы науки и образования.* 2024, 3, 55. <https://doi.org/10.17513/spno.33513>  
 Averyanov A.A., Demin V.V., Korochina K.V. Transcatheter embolization of popliteal artery branches as an effective treatment method for pain in knee osteoarthritis. *Modern Problems of Science and Education.* 2024, 3, 55. <https://doi.org/10.17513/spno.33513> (In Russian)
  26. O'Grady A., Welsh L., Gibson M. et al. Cadaveric and Angiographic Anatomical Considerations in the Genicular Arterial System: Implications for Genicular Artery Embolization in Patients with Knee Osteoarthritis. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* 2022, 45 (1), 80–90. <https://doi.org/10.1007/s00270-021-02978-z>
  27. Callese T.E., Cusumano L., Redwood K.D. et al. Classification of Genicular Artery Anatomic Variants Using Intraoperative Cone-Beam Computed Tomography. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* 2023, 46 (5), 628–634. <https://doi.org/10.1007/s00270-023-03411-3>
  28. Femia M., Valenti Pittino C., Fumarola E.M. et al. Genicular Artery Embolization: A New Tool for the Management of Refractory Osteoarthritis-Related Knee Pain. *J. Pers. Med.* 2024, 14 (7), 686. <https://doi.org/10.3390/jpm14070686>
  29. Epelboym Y., Mandell J.C., Collins J.E. et al. Genicular Artery Embolization as a Treatment for Osteoarthritis Related Knee Pain: A Systematic Review and Meta-analysis. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* 2023, 46 (6), 760–769. <https://doi.org/10.1007/s00270-023-03422-0>



## Сведения об авторах [Authors info]

**Святова Анна Вячеславовна** – аспирант 1-й кафедры (хирургии усовершенствования врачей) ФГБВОУ ВО “Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова” МО РФ; врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению СПб ГБУЗ “Городская больница №26”, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0009-0001-9020-1791>. E-mail: [www.svytovaneta@mail.ru](mailto:www.svytovaneta@mail.ru)

**Козлов Кирилл Ленарович** – доктор мед. наук, профессор, профессор 1-й кафедры (хирургии усовершенствования врачей) ФГБВОУ ВО “Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова” МО РФ; заведующий лабораторией возрастной патологии сердечно-сосудистой системы отдела клинической геронтологии и гериатрии АННО ВО НИЦ “Санкт-Петербургский институт биорегуляции и геронтологии”, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0001-7257-5768>

**Хоминец Владимир Васильевич** – заслуженный врач РФ, доктор мед. наук, профессор, начальник кафедры (начальник клиники) военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнева ФГБВОУ ВО “Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова” МО РФ; главный травматолог МО РФ, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-7693-3072>

**Шендеров Сергей Валерьевич** – канд. мед. наук; главный сердечно-сосудистый хирург, заведующий отделением рентгенхирургических методов диагностики и лечения СПб ГБУЗ “Городская больница №26”; главный внештатный специалист Комитета по здравоохранению по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-1588-8730>. E-mail: [s.shenderov@mail.ru](mailto:s.shenderov@mail.ru)

\* **Адрес для переписки:** Святова Анна Вячеславовна – e-mail: [www.svytovaneta@mail.ru](mailto:www.svytovaneta@mail.ru)

**Anna V. Svyatova** – graduate student of the 1st Surgery department of Advanced Medical Training, S.M. Kirov Military Medical Academy; doctor for x-ray endovascular diagnostics and treatment St. Petersburg City Clinical Hospital №26, St. Petersburg. <https://orcid.org/0009-0001-9020-1791>. E-mail: [www.svytovaneta@mail.ru](mailto:www.svytovaneta@mail.ru)

**Kirill L. Kozlov** – Doct. of Sci. (Med.), Professor of the 1st Surgery department of Advanced Medical Training, S.M. Kirov Military Medical Academy; Head of the Laboratory of Age-Related Pathology of the Cardiovascular System, Department of Clinical Gerontology and Geriatrics, St. Petersburg Institute of Bioregulation and Gerontology, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0001-7257-5768>. E-mail: [Kozlov\\_kl@mail.ru](mailto:Kozlov_kl@mail.ru)

**Vladimir V. Khominetz** – Honored Doctor of the RF, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department (Head of the Clinic) of Military Traumatology and Orthopedics named after. G.I. Turneva S.M. Kirov Military Medical Academy; Chief traumatologist of the Russian Defense Ministry, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-7693-3072>

**Sergey V. Shenderov** – Cand. of Sci. (Med.), Chief Cardiovascular Surgeon, Head of the Department of X-ray Surgical Methods of Diagnostics and Treatment St. Petersburg City Clinical Hospital №26, St. Petersburg; chief freelance specialist in x-ray endovascular diagnostics and treatment, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-1588-8730>. E-mail: [s.shenderov@mail.ru](mailto:s.shenderov@mail.ru)

\* **Address for correspondence:** Anna V. Svyatova – e-mail: [www.svytovaneta@mail.ru](mailto:www.svytovaneta@mail.ru)

**Статья получена** 1 ноября 2024 г.  
**Manuscript received** on November 1, 2024.

**Принята в печать** 14 января 2025 г.  
**Accepted for publication** on January 14, 2025.