

Получена: 22 декабря 2021 / Принята: 15 апреля 2022 / Опубликовано online: 30 апреля 2022

DOI 10.34689/SH.2022.24.2.003

УДК 616.133.3-007.271-089

## ПЛАНИРОВАНИЕ МЕТОДА РЕКОНСТРУКЦИИ ПРИ ПАТОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗВИТОСТИ ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ НА ОСНОВАНИИ МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

**Ербол К. Догалбаев**<sup>1-3</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-8239-563X>

**Александр Б. Фурсов**<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-6992-8646>

**Токан А. Султаналиев**<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-1732-9489>

**Ирлан Н. Сагандыков**<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-9597-198X>

**Серик С. Сулейменов**<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-4103-4130>

<sup>1</sup> НАО «Медицинский университет Астана», г. Нур-Султан, Республика Казахстан;

<sup>2</sup> Национальный научный онкологический центр, Центр сосудистой хирургии, г. Нур-Султан, Республика Казахстан;

<sup>3</sup> Корпоративный фонд University Medical Center, Отделение интервенционной радиологии, г. Нур-Султан, Республика Казахстан.

**Введение:** Выбор метода реконструкции на сонных артериях (СА) зависит от вида патологической извитости и подбирается на основании данных визуальных методов исследования. Последние достижения в области мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) и методов визуализации с использованием Программного обеспечения позволяет реконструировать трехмерные изображения, обеспечивая более точный анализ.

**Цель** данного исследования – оптимизация предоперационного планирования при патологической извитости внутренней сонной артерий (ПИ ВСА) на основании данных МСКТ с контрастированием.

**Методы:** В исследование были включены 167 больных с клиникой сосудисто-мозговой недостаточности (СМН) и гемодинамической значимой ПИ ВСА, которым было выполнено МСКТ с контрастированием. МСКТ с контрастированием проводилась на томографе Philips Brilliance iCT, толщина получаемых срезов не более 0,6 мм. Трехмерные изображения КТ снимков были получены с использованием программного обеспечения RadiAnt DICOM Viewer 2020.2.3. По данным 3D изображений МСКТ с контрастированием мы перед оперативным лечением составили протокол оценки состояния деформированного участка ВСА. Все пациенты были прооперированы, у 30-и больных имелось двустороннее поражение. Они были прооперированы с коллатеральной стороны, так как имели клинику с обеих сторон.

**Результаты:** У 137 больных была определена односторонняя ПИ ВСА, преобладал кинкинг – 64%, реже встречались С- и S-образные извитости – 26% и койлинг – 10%; двусторонняя ПИ встречалась намного реже чем односторонняя – у 30 больных. Расположение извитости (ВСА) относительно угла челюсти (на уровне/выше/ниже): на уровне – 75 (38%); выше – 94 (48%); ниже – 28 (14%). В 69 случаев из 197 избыток ВСА после ее условного выпрямления был менее 2 см, в остальных случаях (162) более 2 см. Из 197 реконструкции на СА по поводу ПИ ВСА, 69 операции выполнены 1-м методом, 105 – 2-м методом, 21 – 3-м методом, 2 – 4-м методом.

**Выводы:** МСКТ с контрастированием позволяет получить информацию об уровне расположения патологически измененного участка ВСА, о виде деформации, а также, позволяет рассчитать избыток артерии после условного выпрямления. Все эти данные позволяют правильно подобрать метод реконструкции на СА при ПИ.

**Ключевые слова:** патологическая извитость, внутренняя сонная артерия, мультиспиральная компьютерная томография.

### Summary

## PLANNING A RECONSTRUCTION METHOD FOR DOLICHOARTERIOPATHIES OF THE INTERNAL CAROTID ARTERY BASED ON MULTISPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHY

**Yerbol K. Dogalbayev**<sup>1-3</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-8239-563X>

**Alexander B. Fursov**<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-6992-8646>

**Tokan A. Sultanaliyev**<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-1732-9489>

**Irlan N. Sagandykov**<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-9597-198X>

**Serik S. Suleimenov**<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-4103-4130>

<sup>1</sup> NCJSC «Astana medical university», Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan;

<sup>2</sup> National research oncology center, Center for vascular surgery, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan;

<sup>3</sup> Corporate Foundation University Medical Center, Intervention radiology unit, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan.

**Introduction:** The choice of the method of reconstruction on the carotid arteries (CA) depends on the type of dolichoarteriopathies of the internal carotid artery (DICA) and is selected based on the data of visual research methods. Recent advances in multispiral computed tomography (MSCT) and imaging techniques using the Software enable 3D images to be reconstructed for more accurate analysis.

**The purpose** of this study is to optimize preoperative planning for DICA based on contrast-enhanced MSCT data.

**Methods:** The study included 167 patients with clinical signs of cerebrovascular insufficiency (CVD) and hemodynamically significant DICA, who underwent contrast-enhanced MSCT. MSCT with contrast was performed on a Philips Brilliance iCT tomograph, the thickness of the resulting sections was not more than 0.6 mm. Three-dimensional images of CT scans were obtained using RadiAnt DICOM Viewer 2020.2.3 software. Based on the 3D image of MSCT with contrast, before surgical treatment, we compiled a protocol for assessing the state of the deformed area of the ICA. All patients were operated on, 30 patients had a bilateral lesion. They were operated on from the collateral side, as they had a clinic on both sides.

**Results:** In 137 patients, unilateral DICA was identified, kinking prevailed - 64%, C- and S-shaped tortuosities were less common - 26%, and coiling - 10%; bilateral DICA was much less common than unilateral - in 30 patients. The location of the deformed segment of the ICA relative to the angle of the mandibular (at the level / above / below): at the level - 75 (38%); higher - 94 (48%); below - 28 (14%). In 69 out of 197 cases, the excess of the ICA after its conditional straightening was less than 2 cm, in other cases (162) it was more than 2 cm. Out of 197 reconstructions on the CA for DICA, 69 operations were performed by the 1st method, 105 by the 2nd method, 21 by the 3rd method, 2 by the 4th method.

**Conclusions:** MSCT with contrasting allows obtaining information about the level of location of the pathologically altered ICA area, the type of deformation, and also allows calculating the excess of the artery after conditional straightening. All these data make it possible to correctly choose the method of reconstruction on the CA in DICA.

**Key words:** dolichoarteriopathies, internal carotid artery, multispiral computed tomography.

Түйіндеме

## МУЛЬТИСПИРАЛЬДІ КОМПЬЮТЕРЛІК ТОМОГРАФИЯ НЕГІЗІНДЕ ІШКІ ҰЙҚЫ АРТЕРИЯСЫНЫҢ ПАТОЛОГИЯЛЫҚ БҰРМАЛАНУЫНЫҢ РЕКОНСТРУКЦИЯЛАУ ӘДІСІН ЖОСПАРЛАУ

**Ербол К. Догалбаев** <sup>1-3</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-8239-563X>

**Алесандр Б. Фурсов** <sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-6992-8646>

**Токан А. Султаналиев** <sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-1732-9489>

**Ирлан Н. Сагандыков** <sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-9597-198X>

**Серик С. Сулейменов** <sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-4103-4130>

<sup>1</sup> «Астана медицина университеті» КЕАҚ, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы;

<sup>2</sup> Ұлттық ғылыми онкология орталығы, тамырлы хирургия орталығы, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы;

<sup>3</sup> University Medical Center корпоративтік қоры, интервенциялық радиология бөлімшесі, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы.

**Кіріспе.** Каротид артерияларын (КА) қалпына келтіру әдісін таңдау патологиялық бұрмалану (ПБ) түріне байланысты және визуалды зерттеу әдістерінің деректері негізінде таңдалады. Мультиспиральдық компьютерлік томография (МСКТ) және бағдарламалық қамтамасыз етуді пайдалана отырып визуализация әдістері саласындағы соңғы жетістіктер неғұрлым нақты талдауды қамтамасыз ете отырып, үш өлшемді кескіндерді реконструкциялауға мүмкіндік береді.

**Мақсат.** Бұл зерттеудің мақсаты контрастты күшейтілген МСКТ деректеріне негізделген ішкі ұйқы артерияларының (ІҰА) ПБ операция алдында жоспарлауды оңтайландыру болып табылады.

**Әдістер.** Бұл зерттеуге контраст күшейтілген МСКТ-дан өткен цереброваскулярлық жеткіліксіздігі және ІҰА гемодинамикалық маңызды ПБ-ы бар 167 пациент қамтылды. Контраст күшейтілген МСКТ Philips Brilliance iCT томографында жасалынды, алынған кесінділердің қалыңдығы 0,6 мм-ден аспады. КТ сканерлеуінің 3D кескіндері RadiAnt DICOM Viewer 2020.2.3 бағдарламалық құралының көмегімен орындалды. Контраст күшейтілген МСКТ 3D кескініне сүйене отырып, хирургиялық емдеу алдында біз ІҰА-ның деформацияланған аймағының жағыдайын бағалау хаттамасын жасадық. Науқастардың барлығына операция жасалынды, 30 науқаста екі жақты зақымданғандығы анықталды. Соңдықын екі жағында клиникалық белгілері болғандықтан сәйкесінше оларға қарама-қарсы жағынан операция жасалынды.

**Нәтижелері.** 137 науқаста бір жақты ІҰА ПБ анықталды, кинкинг синдромы басым бөлігін - 64%, С- және S-тәрізді қисаюы аз бөлігін - 26% және койлинг - 10% құрады; 30 пациентте екі жақты ПБ бір жақтыға қарағанда

әлдеқайда аз болды. Жақ сүйегінің бұрышына қатысты ПБ-ң орналасуы (деңгейінде/жоғары/төмен): деңгейінде – 75 (38%); жоғары – 94 (48%); төмен – 28 (14%) құрады. 197 жағдайдың 69-ында шартты түзетілгеннен кейін ІҰА-ның асып кетуі 2 см-ден аз, басқа жағдайларда (162) 2 см-ден астам болды. ІҰА-да 197 қалпына келтіру операцияларының 69-ы 1-ші әдіспен, 105-і 2-ші әдіспен, 21-і 3-ші әдіспен және 4-ші әдіспен – 2-і орындалды.

**Қорытынды.** Контраст күшейтілген МСКТ ІҰА-ң патологиялық өзгерген аймағының орналасу деңгейін, деформация түрі туралы ақпаратты алуға мүмкіндік береді, сонымен қатар шартты түзетуден кейінгі артерияның артық мөлшерін есептеуге мүмкіндік береді. Осы деректердің барлығы ІҰА-ң ПБ-н емдеу кезінде қалпына келтіру операцияларының дұрыс әдісін таңдауға мүмкіндік береді.

**Негізгі сөздер:** Патологиялық бұрмалану, ішкі ұйқы артериясы, мультиспиральді компьютерлік томография.

#### Библиографическая ссылка:

Догалбаев Е.К., Фурсов А.Б., Султаналиев Т.А., Сагандықов И.Н., Сулейменов С.С. Планирование метода реконструкции при патологической извитости внутренней сонной артерии на основании мультиспиральной компьютерной томографии // Наука и Здравоохранение. 2022. 2(Т.24). С. 24-31. doi 10.34689/SH.2022.24.2.003

Dogalbayev Ye.K., Fursov A.B., Sultanaliyev T.A., Sagandykov I.N., Suleimenov S.S. Planning a reconstruction method for dolichoarteriopathies of the internal carotid artery based on multispiral computed tomography // Nauka i Zdravookhranenie [Science & Healthcare]. 2022, (Vol.24) 2, pp. 24-31. doi 10.34689/SH.2022.24.2.003

Догалбаев Е.К., Фурсов А.Б., Султаналиев Т.А., Сагандықов И.Н., Сулейменов С.С. Мультиспиральді компьютерлік томография негізінде ішкі ұйқы артериясының патологиялық бұрмалануының реконструкциялау әдісін жоспарлау // Ғылым және Денсаулық сақтау. 2022. 2 (Т.24). Б. 24-31. Doi 10.34689/SH.2022.24.2.003

#### Введение

Шейный отдел внутренней сонной артерии (ВСА) начинается от бифуркации общей сонной артерии до ее впадения в основание черепа, в этом сегменте артерия в норме имеет прямую конфигурацию, но встречаются аномалии в виде извитости [13]. На основании ультразвуковых и ангиографических исследований различные варианты патологической извитости ВСА, как сообщается некоторыми авторами, наблюдается в диапазоне от 10 до 40% населения [7, 9]. Нарушения геометрического хода сонных артерий бывают как врожденные, так и приобретенные [6]. Гемодинамические значимые нарушения прямолинейности ВСА могут стать причиной развития острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) по ишемическому типу [8, 16]. Хирургическая профилактика ишемического ОНМК при патологии экстракраниальных артерий показывает хорошие результаты по сравнению с медикаментозной терапией [1, 4, 5, 8, 12]. Выбор метода реконструкции на сонных артериях зависит от вида патологической извитости и подбирается на основании данных визуальных методов исследования. Основными методами инструментального исследования патологической извитости ВСА являются ультразвуковая доплерография, МРТ с контрастированием, МСКТ с контрастированием, и ангиография [3, 5]. Последние достижения в области МСКТ и методов визуализации с использованием Программного обеспечения позволяет реконструировать трехмерные изображения, обеспечивая более точный анализ [3,2]. Мы, морфологически, оценили характеристики ВСА с помощью трехмерного КТ (ЗДСТ) для уточнения локализации извитости, вида деформации (скручивание или перегиб) с целью предоперационного планирования метода реконструкции.

**Цель:** Оптимизировать предоперационное планирование при ПИ ВСА на основании данных МСКТ с контрастированием.

**Материалы и методы.** В исследование были включены 167 больных, которым проведено 197 реконструктивных оперативных вмешательств на каротидном бассейне по поводу ПИ ВСА. Из них 30 больных с двусторонней ПИ ВСА перенесли по 2 поэтапных реконструктивных операции. В первую очередь оперировалась та сторона, где более выражена очаговая неврологическая симптоматика. Если очаговая неврологическая симптоматика равнозначно выражена с обеих сторон, то выбор стороны операции определялся по пиковой линейной скорости кровотока в месте ангуляции ВСА. Период сбора научных данных составил 9 лет (с 2012 по 2020 год). Все прооперированные пациенты прошли диагностику и лечение в единых стандартизированных условиях в отделении сосудистой хирургии (Национальный научный центр онкологии и трансплантологии, г. Нур-Султан). Средний возраст составил 63,9 лет, 89 женщин (53,2%), 78 мужчин (46,8%).

Пациентам перед операцией выполнялись ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) брахиоцефальных артерий с целью определения формы извитости и гемодинамических показателей в зоне деформации артерии. Дуплексные ультразвуковые исследования СА выполнялись на ультразвуковом аппарате, визуализация с высокой разрешающей способностью. Показатели линейной скорости кровотока (ЛСК) определяли в двух точках: в нативном участке артерии и в месте наиболее выраженной ангуляции. Методом транскраниальной доплерографии определялись гемодинамические показатели в мозговых артериях, оценивалось функциональное состояние Виллизиева круга по

результатам проведенных компрессионных проб с наружным пережатием сонных артерии (проба Матаса).

С целью оценки состояния брахиоцефальных артерий вертебробазиллярного и каротидного бассейнов, а также виллизиева круга всем больным проводилась МСКТ экстра- и интракраниальных артерий с контрастированием. МСКТ с контрастированием проводилась на томографе Philips Brilliance iCT, толщина получаемых срезов не более 0,6 мм. Исследование проводилось в артериальной и венозной фазах с внутривенным болюсным введением низкоосмолярного контрастного препарата. Трехмерные изображения КТ снимков были получены с использованием программного обеспечения RadiAnt DICOM Viewer 2020.2.3. Яремная вена, верхняя и нижняя челюсти были удалены с изображений, чтобы облегчить трехмерное исследование сонной артерии. Компьютерная томография выполнялась от дуги аорты с захватом экстра- и интракраниальных сосудов.

Все больные перед операцией были осмотрены кардиологом, офтальмологом, так же осмотрены неврологом с оценкой исходного неврологического статуса. По классификации СМН А.В. Покровского (1978), с транзиторными ишемическими атаками (ТИА) в анамнезе – 93 (55,7%) больных, с явлениями хронической СМН – 51 (30,5%), с перенесенным инсультом и оставшимся неврологическим дефицитом – 23 (13,8 %). У 33 (19,8 %) больных был выявлен глазной ишемический синдром. Гипертоническая болезнь наблюдалась у 151 (90,4%) больного, сахарный диабет 2 типа у 16 (9,5%).

**Хирургическое лечение.** Операции по коррекции ПИ ВСА выполняли сертифицированные сосудистые хирурги, имеющие достаточный опыт лечения патологии ВСА. Все хирургические вмешательства выполнялись под регионарной анестезией. Ни в одном случае не потребовалось использования временного каротидного шунта.

**Критерий включения:** наличие клиники СМН и ЛСК более 2 м/с в месте наиболее выраженной ангиуляции,

наличие турбулентного кровотока в участке извитости артерии, выявленные методом УЗДС.

**Критерий исключения:** асимптомные больные с доказанной гемодинамически значимой ПИ ВСА и больные с сопутствующим атеросклеротическим стенозом (более 30%) сонных артерии были исключены из исследования.

**Методы реконструкции:**

1 метод – Резекция ОСА с анастомозом «конец-в-конец», с редрессацией ВСА;

2 метод - Отсечение ВСА в устье с резекцией, редрессацией и реимплантацией в расширенное старое устье;

3 метод - Отсечение ВСА в устье с резекцией, редрессацией, ротацией ВСА вокруг оси на 180° и реимплантацией в расширенное старое устье.

4 метод – Протезирование деформированного участка внутренней сонной артерии

**Результаты.**

**Классификация ПИ ВСА.** При определении вида деформаций ВСА мы использовали классификацию, предложенную в 1965г. J. Weibel и W. Fields [17]. Выделено три вида ПИ ВСА: tortuosity (извитость) - С- и S-образные удлинения ВСА; kinking (перегиб) - под углом 90°, coiling (петлеобразование) - удлинение артерии в виде петли или спирали (Рисунок 1). У 137 больных была определена односторонняя ПИ ВСА, преобладал кинкинг – 64 %, реже встречались С- и S-образные извитости – 26 % и койлинг – 10 % (Таблица 1); двусторонняя ПИ встречалась намного реже чем односторонняя – у 30 больных (Таблица 2).

Таблица 1.

**Распределение больных по типу патологической извитости (одностороннее поражение).**

(Table 1. Distribution of patients according to the type of dolichoarteriopathy of the internal carotid artery (one-sided lesion)).

	kinking	coiling	tortuosity	Всего
Количество больных (%)	88 (64)	14 (10)	35 (26)	137 (100)

Таблица 2.

**Распределение больных по типу патологической извитости (двустороннее поражение).**

(Table 2. Distribution of patients according to the type of dolichoarteriopathy of the internal carotid artery (bilateral lesion)).

	kinking + kinking	coiling + coiling	kinking + coiling	kinking + tortuosity	tortuosity + tortuosity	Всего
Количество больных (%)	9 (30)	1 (3,3)	6 (20)	8 (26,7)	6 (20)	30 (100)

**Расположение деформированного участка ВСА.** В зависимости от расположения деформированного участка ВСА относительно угла нижней челюсти, были определены три категории: на уровне, выше, ниже (Рисунок 2). По результатам исследования чаще всего встречалась расположение выше угла нижней челюсти – 48 %. (Таблица 3).

**Расчет избытка ВСА после условного выпрямления артерии.** Длину патологического участка ВСА мы измеряли от бифуркации ОСА до неизменной части ВСА. Чтобы получить длину избытка ВСА после ее условного выпрямления, мы отнимали от длины патологического участка ВСА

расстояние от края неизменного участка ВСА до бифуркации ОСА (Рисунок 3, 4).

Таблица 3.

**Расположение деформированного участка внутренней сонной артерии.**

(Table 3. The location of the deformed segment of the internal carotid artery).

	Расположение извитости (ВСА) относительно угла челюсти (%)			Всего (%)
	на уровне	выше	ниже	
Количество больных (%)	75 (38)	94 (48)	28 (14)	197 (100)

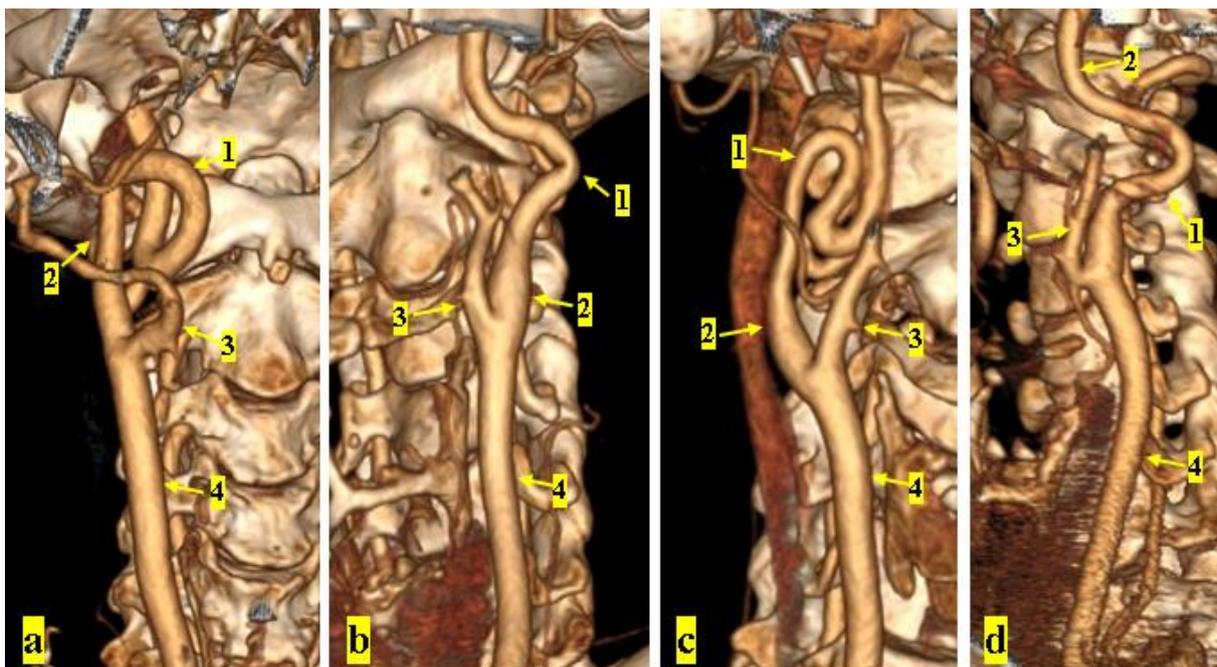


Рисунок 1. Классификация патологической извитости внутренней сонной артерии по Weibel и W. Fields (1965).  
а – Петлеобразование (coiling); б – Перегиб (kinking);

с – Извитость (tortuosity) S-образная; д – Извитость (tortuosity) С-образная;

1 – Деформированный участок внутренней сонной артерии; 2 – Внутренняя сонная артерия;

3 – Наружная сонная артерия; 4 – Общая сонная артерия;

(Figure 1. Classification of dolichoarteriopathy of the internal carotid artery according to Weibel and W. Fields (1965).

a – Coiling, b – Kinking; c – Tortuosity (S-shaped); d – Tortuosity (C-shaped);

1 – Deformed portion of the internal carotid artery; 2 – Internal carotid artery; 3 – External carotid artery; 4 – Common carotid artery)

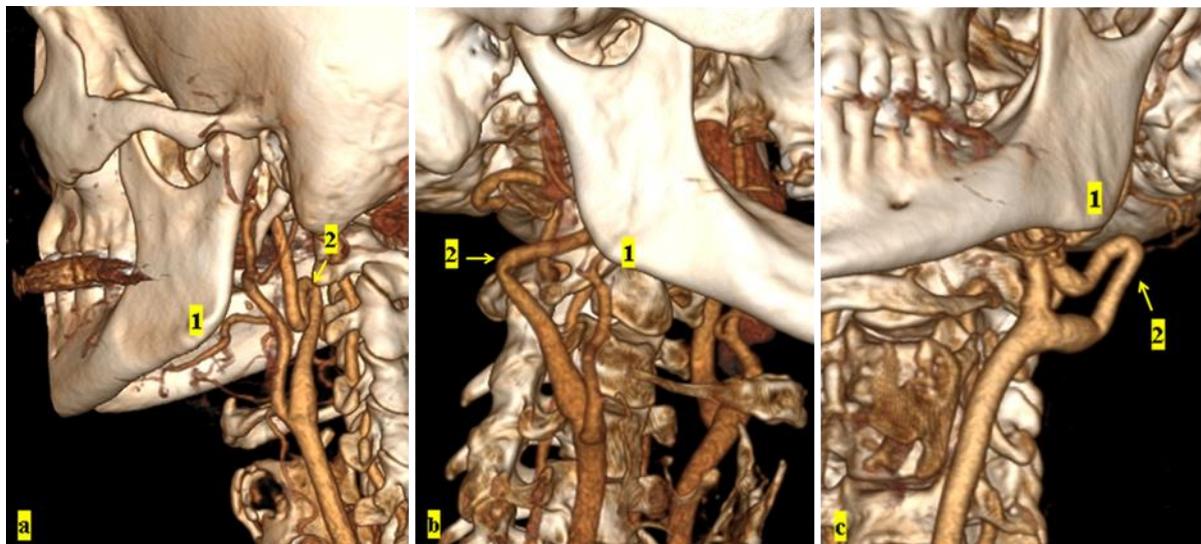


Рисунок 2. МСКТ с контрастированием (3D реконструкция)

Расположение деформированного участка ВСА относительно угла нижней челюсти:

а – выше; б – на уровне; с – ниже; 1 – угол нижней челюсти; 2 – деформированный участок ВСА.

(Figure 2. MSCT with contrast (3D reconstruction)

The location of the deformed segment of the ICA relative to the angle of the mandibular:

a – above; b – at the level; c – below; 1 – mandibular angle; 2 – deformed segment of the ICA).

В зависимости от длины избытка ВСА после ее условного выпрямления определялась методика реконструкции на ВСА. Если избыток ВСА не превышал 2 см после выпрямления артерии, предполагалось выполнение резекции ОСА с низведением бифуркации ОСА и лигированием наружной щитовидной артерии. Если длина избытка ВСА после ее условного

выпрямления будет более 2 см, то методом выбора реконструкции на ВСА является отсечение ВСА в устье с резекцией, редрессацией и реимплантацией в расширенное старое устье. В 69 случаев из 197 избыток ВСА после ее условного выпрямления был менее 2 см, в остальных случаях (162) более 2 см. Из 197 реконструкций на сонных артериях по поводу ПИ ВСА,

69 операций выполнены 1-м методом, 105 – 2-м методом, 21 – 3-м методом, 2 – 4-м методом.

*Краткосрочные результаты хирургического лечения.* Как показали результаты нашего исследования, в раннем послеоперационном периоде летальности не было. По структуре осложнений чаще

всего наблюдалась нейропатия ЧМН (6%) и кровотечение (3,6%) из области послеоперационной раны (Таблица 4).

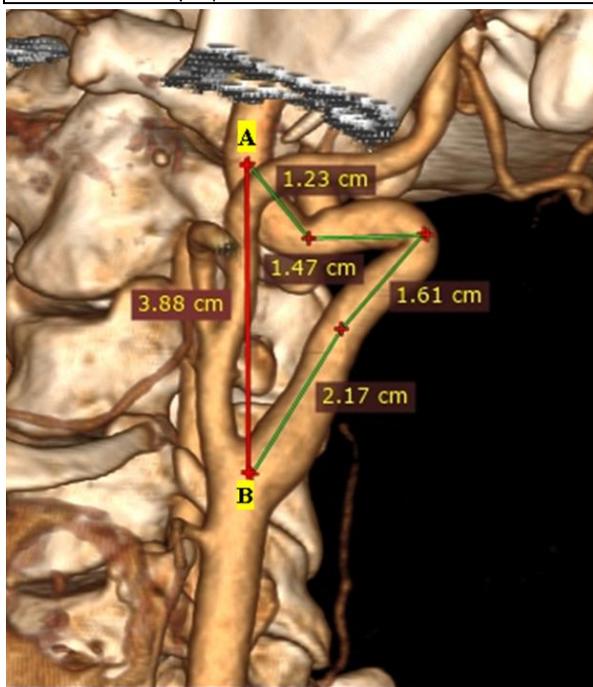
Уменьшился средний показатель ЛСК по ВСА: исходный  $2.137 \pm 0.143$  м/с после оперативного лечения  $1.141 \pm 0.121$  м/с.

Таблица 4.

**Структура осложнений в раннем послеоперационном периоде.**

(Table 4. The structure of complications in the early postoperative period)

Метод операции	1	2	3	4	Всего (%)
Нейропатия ЧМН	0	9	3	0	12 (6)
Тромбоз	0	1	0	0	1 (0,5)
Кровотечение из области послеоперационной раны	4	3	0	0	7 (3,6)
ОНМК	0	1	0	0	1 (0,5)
Летальный исход	0	0	0	0	0 (0)
Количество операции	69	105	21	2	197 (100)



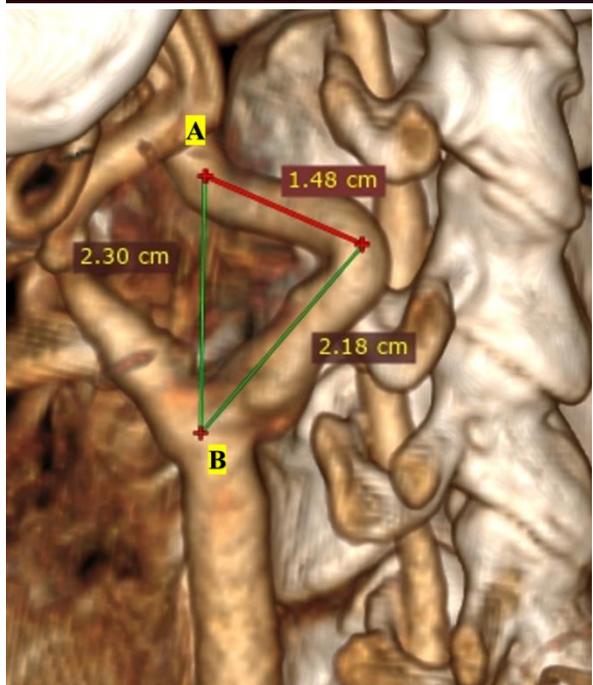
**Рисунок 3.**

**МСКТ с контрастированием (3D реконструкция)**

A – неизменная часть ВСА;  
 B – бифуркация ОСА;  
 X – длина патологического участка ВСА;  
 $X = X_1 + X_2 + X_3 + X_4$   
 Y – расстояние от бифуркации ОСА до неизменной части ВСА;  
 Z – избыток ВСА после ее условного выпрямления;  
 $Z = (X_1 + X_2 + X_3 + X_4) - Y$   
 $Z = (1,23 + 1,47 + 1,61 + 2,17) - 3,88$   
 $Z = 2,6$

(Figure 3. MSCT with contrast (3D reconstruction))

A – unchanged part of the ICA  
 B – CCA bifurcation  
 $X = X_1 + X_2 + X_3 + X_4$   
 Y – distance from the CCA bifurcation to the unchanged part of the ICA;  
 Z – excess ICA after its conditional rectification;  
 $Z = (X_1 + X_2 + X_3 + X_4) - Y$   
 $Z = (1,23 + 1,47 + 1,61 + 2,17) - 3,88$   
 $Z = 2,6$



**Рисунок 4.**

**МСКТ с контрастированием (3D реконструкция)**

A – неизменная часть ВСА;  
 B – бифуркация ОСА;  
 X – длина патологического участка ВСА;  
 $X = X_1 + X_2$   
 Y – расстояние от бифуркации ОСА до неизменной части ВСА;  
 Z – избыток ВСА после ее условного выпрямления;  
 $Z = (X_1 + X_2) - Y$   
 $Z = (1,48 + 2,18) - 2,30$   
 $Z = 1,36$

(Figure 4. MSCT with contrast (3D reconstruction))

A – unchanged part of the ICA  
 B – CCA bifurcation  
 $X = X_1 + X_2$   
 Y – distance from the CCA bifurcation to the unchanged part of the ICA;  
 Z – excess ICA after its conditional rectification;  
 $Z = (X_1 + X_2) - Y$   
 $Z = (1,48 + 2,18) - 2,30$   
 $Z = 1,36$

**Обсуждение.** В настоящем исследовании 3D изображения МСКТ были созданы с использованием программного обеспечения RadiAnt DICOM Viewer 2020.2.3. Используя это программное обеспечение, можно легко получить трехмерные изображения без технических знаний программирования. По сравнению с МРТ преимущество КТ заключается в точном отображении твердых тканей. Таким образом, этот метод может предоставить не только объективную подробную информацию о структуре сонной артерии, например, об угле бифуркации и длине сосуда, но и об анатомическом соотношении между сонной артерией и костными структурами [15]. При выполнении оперативных вмешательств по поводу ПИ ВСА есть определенный риск развития осложнений, связанных с техническими

трудностями доступа к деформированному участку сосуда. Понимание двумерных радиологических изображений зависит от уровня подготовки или опыта врача. Кроме того, лечение ПИ ВСА со сложной анатомией представляет собой трудную задачу для сосудистых хирургов, только начавших свой путь в реконструкции сонных артерий. Понимание трехмерной анатомии ПИ ВСА, особенно, в сложных случаях облегчает им эту задачу.

По данным 3D изображений МСКТ экстра- и интракраниальных артерий с контрастированием мы перед оперативным лечением составили протокол оценки состояния деформированной ВСА на каждого пациента. Исходя из данных выше указанного протокола, планировался метод реконструкции сонной артерии (Таблица 5).

Таблица 5.

### Протокол оценки состояния деформированной внутренней сонной артерии.

(Table 5. Protocol for assessing the state of the deformed internal carotid artery).

Предполагаемый метод реконструкции	Характеристика			
	Расположение извитости (ВСА) относительно угла челюсти (на уровне/выше/ниже)	Избыток артерии после условного выпрямления (см)	Диаметр ВСА	Вид извитости (кинкинг/койлинг/С-или S-образная)

При анализе ранних послеоперационных результатов количество осложнений не превышает допустимые показатели принятых стандартов. При выполнении оперативных вмешательств на сонных артериях существует определенный риск ишемического повреждения головного мозга во время пережатия сонной артерии. В нашем исследовании все 197 оперативных вмешательств на СА выполнялись под регионарной анестезией. Проведение регионарной анестезии при сосудистых операциях на шее позволяет прогнозировать развитие ишемических и других интраоперационных осложнений. Высокоинформативный и простой интраоперационный нейромониторинг, что позволяет проводить незамедлительную диагностику развивающейся церебральной ишемии во время операции. Так же по данным некоторых авторов более низкая частота тяжелых сердечно-сосудистых осложнений в периоперационном периоде по сравнению с общей анестезией [14, 11, 10].

**Выводы.** Наше исследование показало, что МСКТ является высокоинформативным методом для детальной оценки патологической извитости внутренней сонной артерии. МСКТ позволяет получить информацию об уровне расположения патологически измененного участка внутренней сонной артерии, о виде деформации, а также позволяет рассчитать избыток артерии после условного выпрямления. Все эти данные позволяют правильно подобрать метод реконструкции на сонной артерии при патологической извитости.

**Вклад авторов.** Все авторы в равной мере принимали участие в проведении исследования и написании данной статьи.

**Конфликт интересов.** Конфликт интересов не заявлен.

**Финансирование.** При проведении данной работы не было финансирования сторонними организациями и медицинскими представительствами.

**Сведения о публикации.** Авторы заявляют, что данный материал не был заявлен ранее для публикации в других изданиях и не был частично или полностью скопирован из других источников.

### Литература:

1. Виноградов Р.А., Закеряев А.Б. Современное состояние вопроса хирургического лечения патологической извитости внутренних сонных артерий // Клиническая физиология кровообращения. 2018. Т.15. №1. С. 12-17. <https://doi.org/10.24022/1814-6910-2018-15-1-12-17>
2. Вишнякова М.В. (мл.). Алгоритмы комплексной лучевой диагностики окклюзирующего поражения внутренней сонной артерии для определения тактики ведения пациентов // Вестник рентгенологии и радиологии. 2017. Т.98. №5. С. 231-237. doi: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-231-237
3. Гавриленко А.В., Абрамян А.В. и др. Патологическая извитость внутренней сонной артерии: клиника, диагностика и хирургическое лечение // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2016. Т.9. №1. С. 29-33. doi: 10.17116/kardio20169129-33
4. Гавриленко А.В., Абрамян А.В. и др. Сравнительный анализ эффективности реконструктивных операций и консервативного лечения у больных с патологической извитостью внутренней сонной артерии на основании динамики неврологического и офтальмологического статусов // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2017. Т.10. №1. С. 51-55. doi: 10.17116/kardio201710151-55
5. Гавриленко А.В., Кочетков В.А., др. Качество жизни пациентов после реконструктивных операций при патологической извитости внутренней сонной артерии // Клинический и экспериментальный журнал им. акад. Б.В. Петровского. 2020. Т.8. №2. С. 32-36. doi: 10.33029/2308-1198-2020-8-2-32-36
6. Данилова М.А., Байдина Т.В., Каракулова Ю.В., Трушников Т.Н. Патологическая извитость сонных артерий // Пермский медицинский журнал. 2018. Т.35. №6. С. 82-88. doi: 10.17816/pmj35682%88
7. Дуванов Д.А., Куликова А.Н., Чехонацкая М.Л., Ильясова Е.Б. Патологические деформации внутренней сонной артерии: современные аспекты этиологии, патогенеза, диагностики и хирургического лечения // Клиническая медицина. 2017. Т.95. №7. С. 599-606. <http://dx.doi.org/10.18821/0023-2149-2017-95-7-599-606>

8. Дуданов И.П., Ордынец С.В., Лукинский И.А., и др. Экстракраниальная неатеросклеротическая патология сонной артерии в причинах развития острого ишемического инсульта // Исследования и практика в медицине. 2017. Т.4. №4. С. 35-49. <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2017-4-4-4>

9. Зербино Д.Д., Кузык Ю.И. Патологические деформации сонных артерий (обзор литературы) // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2015. Т.115. №1. С. 118-123. doi: 10.17116/jnevro201511511118-123.

10. Симонов О.В., Тюрин И.Н., Прямоков А.Д., Миронков А.Б. Выбор метода анестезии при каротидной эндартерэктомии (обзор) // Общая реаниматология. 2018. №14. С. 95-113. doi:10.15360/1813-9779-2018-6-95-113

11. Hye R.J., Voeks J.H., Malas M.B. et al. Anesthetic type and risk of myocardial infarction after carotid endarterectomy in the Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stenting Trial (CREST) // Journal of vascular surgery. 2016. N.64. P. 3-8. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2016.01.047>

12. Ji-heng Hao, Li-yong Zhang et al. Surgical Revascularization of Symptomatic Kinking of the Internal Carotid Artery // Vascular and Endovascular Surgery. 2016. V.50. N.7. P. 470-474. doi: 10.1177/1538574416671246

13. Jinlu Yu, Lai Qu, Baofeng Xu, et al. Current Understanding of Dolichoarteriopathies of the Internal Carotid Artery: A Review // International Journal of Medical Sciences. 2017. N.14. P. 772-784. doi: 10.7150/ijms.19229

14. Kfoury E. et al. Carotid endarterectomy under local and/or regional anesthesia has less risk of myocardial infarction compared to general anesthesia: an analysis of national surgical quality improvement program database // Vascular. 2015. N.23. P. 113-119. <https://doi.org/10.1177/1708538114537489>

15. Nagata T., Masumoto K., Hayashi Yu. et al. Three-dimensional computed tomographic analysis of variations of the carotid artery // Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery. 2016. N.44. P. 734-742. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2016.02.011>

16. Sang-Mi Noh, Hyun Goo Kang. Clinical significance of the internal carotid artery angle in ischemic stroke // Scientific Reports. 2019. N.9. P. 1-5. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37783-1>

17. Weibel J., Fields W.S. Tortuosity, coiling and kinking of the internal carotid artery. Etiology and radiographic anatomy // Neurology (Minneapolis). 1965. N15. P. 7-18.

#### References [1-10]:

1. Vinogradov R.A., Zakeryaev A.B. Sovremennoe sostoyanie voprosa khirurgicheskogo lecheniya patologicheskoy izvitosti vnutrennykh sonnykh arteriy [State of the art surgical treatment of pathological kinking of the internal carotid arteries]. *Klinicheskaya fiziologiya krovoobrashcheniya* [Clinical Physiology of Circulation]. 2018. T.15. №1. pp. 12-17 [in Russian]. <https://doi.org/10.24022/1814-6910-2018-15-1-12-17>

2. Vishnyakova M.V. (ml.). Algoritmy kompleksnoy luchevoy diagnostiki okklyuziruyushchego porazheniya vnutrenney sonnoy arterii dlya opredeleniya taktiki vedeniya patsientov [Imaging algorithms for occlusive carotid disease in treatment strategy]. *Vestnik rentgenologii i radiologii* [Journal of radiology and nuclear medicine]. 2017. T.98. №5. pp. 231-237 doi: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-231-237 [in Russian].

3. Gavrilenko A.V., Abramyan A.V. i dr. Patologicheskaya izvitost' vnutrennei sonnoi arterii: klinika, diagnostika i

khirurgicheskoe lechenie [Pathological tortuosity of the internal carotid artery: clinical picture, diagnosis and surgical treatment]. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya* [Cardiology and Cardiovascular Surgery]. 2016. T.9. №1. pp. 29-33 doi: 10.17116/kardio20169129-33 [in Russian].

4. Gavrilenko A.V., Abramyan i dr. Srovnitel'nyy analiz effektivnosti rekonstruktivnykh operatsii i konservativnogo lecheniya u bol'nykh s patologicheskoi izvitost'yu vnutrennei sonnoi arterii na osnovanii dinamiki nevrologicheskogo i oftalmologicheskogo statusov [Comparative analysis of the effectiveness of reconstructive operations and conservative treatment in patients with pathological tortuosity of the internal carotid artery based on the dynamics of neurological and ophthalmological status]. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya* [Cardiology and Cardiovascular Surgery]. 2017. T.10. №1. pp. 51-55 doi: 10.17116/kardio201710151-55 [in Russian].

5. Gavrilenko A.V., Kochetkov V.A. i dr. Kachestvo zhizni patsientov posle rekonstruktivnykh operatsiy pri patologicheskoy izvitosti vnutrenney sonnoy arterii [Quality of life of patients after reconstructive surgery with pathological tortuosity of the internal carotid artery]. *Klin. i eksperiment. khir. Zhurn. im. akad. B.V. Petrovskogo* [Clinical and experimental surgery. Petrovsky journal]. 2020. T.8. №2. pp. 32-36. doi: 10.33029/2308-1198-2020-8-2-32-36 [in Russian].

6. Danilova M.A., Baydina T.V., Karakulova Yu.V., Trushnikova T.N. Patologicheskaya izvitost' sonnykh arterii [Pathologic carotid arteries tortuosity]. *Permskiy meditsinskiy zhurnal* [Perm medical journal]. 2018. T35. №6. pp. 82-88. doi: 10.17816/pmj35682%88[in Russian].

7. Duvanov D.A., Kulikova A.N. i dr. Patologicheskie deformatsii vnutrennei sonnoi arterii: sovremennyye aspekty etiologii, patogeneza, diagnostiki i khirurgicheskogo lecheniya [Pathological deformities of the internal carotid artery: modern aspects of etiology, pathogenesis, diagnosis and surgical treatment]. *Klinicheskaya meditsina* [Clinical medicine]. 2017. T.95. №7. pp. 599-606 <http://dx.doi.org/10.18821/0023-2149-2017-95-7-599-606> [in Russian].

8. Dudanov I.P., Ordynets S.V., Lukinskiy I.A., i dr. Ekstrakranial'naya neateroskleroticheskaya patologiya sonnoy arterii v prichinakh razvitiya ostrogo ishemicheskogo insulta [Extracranial non-atherosclerotic pathology of the carotid artery in the causes of acute ischemic stroke]. *Issledovaniya i praktika v meditsine* [Research'n practical medicine journal]. 2017. T.4. №4. pp. 35-49. <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2017-4-4-4> [in Russian].

9. Zerbino D.D., Kuzyk Yu.I. Patologicheskie deformatsii sonnykh arterii (obzor literatury) [Pathological deformities of the carotid arteries (literature review)]. *Zhurnal neurologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova* [Journal of Neurology and Psychiatry named after S.S. Korsakov]. 2015. T.115. №1. pp. 118-123 doi: 10.17116/jnevro201511511118-123. [in Russian].

10. Simonov O.V., Tyurin I.N., Pryamikov A.D., Mironkov A.B. Vybora metoda anestezii pri karotidnoy endarterektomii (obzor) [The Choice of the Type of Anesthesia for Carotid Endarterectomy (Review)]. *Obshchaya reanimatologiya* [General reanimatology]. 2018. №14. pp. 95-113 doi:10.15360/1813-9779-2018-6-95-113 [in Russian].

#### Контактная информация:

**Догалбаев Ербол Кайратбекович** – докторант специальности «Медицина», НАО «Медицинский университет Астана», г. Нур-Султан, Республика Казахстан.

**Почтовый адрес:** Республика Казахстан, 010000, г. Нур-Султан, ул. ул. Бейбитшилик 49 а.

**E-mail:** dek08.09.89@gmail.com

**Телефон:** +77475080989