

Н.Н. Басалай, М.А. Пуцыкович

**ВАРИАНТНАЯ АНАТОМИЯ ПОЗВОНОЧНЫХ АРТЕРИЙ И КОСТНОГО
КАНАЛА ПОПЕРЕЧНЫХ ОТРОСТКОВ ШЕЙНЫХ ПОЗВОНКОВ
ПО ДАННЫМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ АНГИОГРАФИИ**

Научный руководитель: канд. мед. наук, доц. В.В. Заточная

Кафедра морфологии человека

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

N.N. Basalai, M.A. Putsykovich

**ANATOMICAL VARIATIONS OF THE VERTEBRAL ARTERIES
AND THE BONE CANAL OF THE TRANSVERSE PROCESSES
OF THE CERVICAL VERTEBRAE BASED
ON COMPUTED TOMOGRAPHY ANGIOGRAPHY**

Tutor: associate professor V.V. Zatochnaya

Department of Human Morphology

Belarusian State Medical University, Minsk

Резюме. Позвоночная артерия и костный канал поперечных отростков шейных позвонков характеризуются выраженной анатомической изменчивостью, что обуславливает необходимость их морфометрического изучения. Проведён ретроспективный анализ КТ-ангиографии 62 пациентов с оценкой диаметра позвоночных артерий, размеров поперечных отверстий и извитости сосудов. Выявлены вариативность параметров, гендерные различия и положительная корреляция между диаметром артерии и размером канала, более выраженная слева. Патологическая извитость позвоночных артерий чаще встречается у мужчин и преимущественно слева. Полученные данные обосновывают необходимость предоперационной оценки анатомических особенностей позвоночных артерий для повышения безопасности хирургических вмешательств, диагностики сосудистых нарушений и прогнозирования риска ишемических осложнений.

Ключевые слова: морфометрия, позвоночная артерия, компьютерная томографическая ангиография, шейные позвонки, патологическая извитость.

Resume. The vertebral artery and the bony canal of the transverse processes of the cervical vertebrae are characterised by significant anatomical variability, necessitating their detailed morphometric study. A retrospective analysis of CT angiography data from 62 patients was performed, assessing vertebral artery diameter, transverse foramen size, and vascular tortuosity. The results revealed variability in morphometric parameters, gender differences, and a positive correlation between artery diameter and canal size, more pronounced on the left. Pathological tortuosity of the vertebral arteries is more common in males and predominantly affects the left side. These findings confirm the need for preoperative assessment of vertebral artery anatomy to improve surgical safety, diagnose vascular disorders, and predict the risk of ischemic complications.

Keywords: morphometry, vertebral artery, computed tomography angiography, cervical vertebrae, pathological tortuosity.

Актуальность. Позвоночные артерии (ПА) – первые и самые крупные ветви подключичных артерий, обеспечивающие 28% мозгового кровотока [1,2]. Каждая ПА делится на четыре сегмента: V1 (от устья до входа в костный канал), V2 (в канале поперечных отростков C6–C2), V3 (от выхода из канала до входа в череп) и V4 (интракраниальный) [3]. Особый интерес представляет сегмент V2, проходящий в подвижном костном канале, где артерия прилежит к унковертебральным сочленениям и суставным отросткам шейных позвонков. Детальная

морфометрическая оценка костно-сосудистых взаимоотношений шейного отдела обусловлена высокой частотой экстравазальных воздействий на ПА, играющих существенную роль в патогенезе вертебробазилярной недостаточности и ишемических нарушений мозгового кровообращения, а также необходима для уточнения критериев нормы и патологии, повышения точности диагностики и снижения риска ятрогенных повреждений при хирургических вмешательствах [4].

Цель: по данным КТ-ангиографии определить индивидуальную анатомическую и топографическую изменчивость экстракраниальных отделов позвоночных артерий и их костных каналов (отверстий поперечных отростков шейных позвонков).

Задачи:

1. Определить диаметр позвоночных артерий в ключевых анатомических точках с использованием данных КТ-ангиографии.
2. Провести морфометрию костного канала: измерить диаметр поперечных отверстий шейных позвонков на соответствующих уровнях.
3. Оценить пространственную конфигурацию сосудов: измерить угол извитости позвоночных артерий в сегменте V2–V3 для характеристики хода сосуда.
4. Выполнить сравнительный анализ полученных данных.
5. Исследовать взаимосвязь сосудистых и костных структур.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное одномоментное исследование КТА-сканов 62 пациентов ($69 \pm 7,6$ лет) без патологии позвоночных артерий (ПА) и костных структур, обратившихся в РНПЦ «Кардиология» в 2023–2026 гг. Снимки получены на КТ Siemens Somatom Force с болюсным контрастированием. Анализ DICOM-данных (ПО Syngo.via, Syngo fastView) в трех плоскостях (MPR) включал оценку диаметров позвоночной артерии (ПА) в сегментах V1–V3 (красная линия) и поперечных отверстий C1–C6 позвонков (синяя линия) (рис. 1), вариантов отхождения позвоночной артерии и уровней вхождения в костный канал (рис. 2), типов извитости (рис. 3). Анализ полученных данных проводился при помощи MS Excel. Нормальность распределения данных оценивалась по критерию Шапиро-Уилка. Количественные данные представлены как среднее $\pm$ стандартное отклонение ($M \pm SD$). Для сравнения независимых выборок (мужчины/женщины) использовали двухвыборочный t-тест с разными дисперсиями, для сравнения параметров справа и слева (зависимые выборки) – парный t-тест. Взаимосвязь переменных была исследована при помощи коэффициента линейной корреляции Пирсона (r-Пирсона).

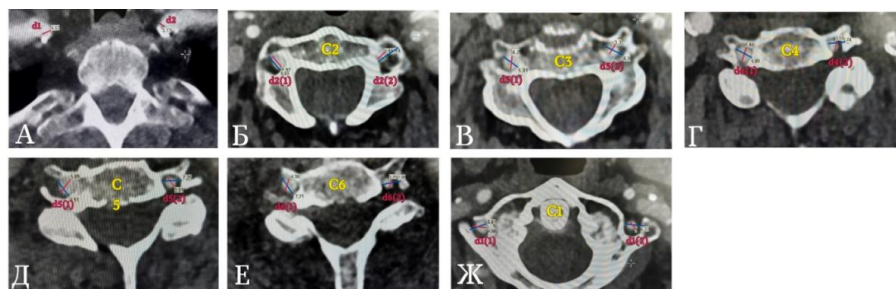


Рис. 1 – Аксиальные КТА-сканы шеи. А – на уровне отхождения артерий (сегмент V1); Б-Е – на уровне поперечных отростков шейных позвонков C2–C6 (сегмент V2); Ж – на уровне сегмента V3 (C1) до входа в череп. 1 – правая подключичная артерия. 2 – левая подключичная артерия



Рис. 2 – Сакиттальный КТА-скан грудной клетки и шеи. Отхождение позвоночной артерии от подключичной артерии (1) и вхождение в костный канал на уровне С6

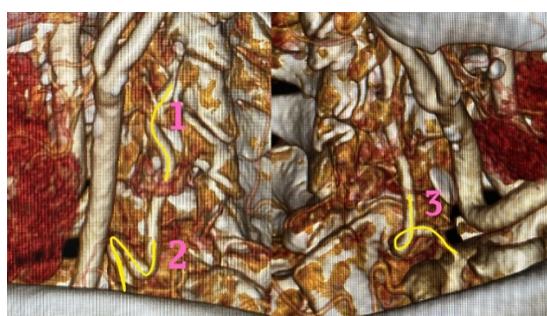


Рис. 3 – 3D-визуализация данных КТ-ангиографии. Определение типа извитости. 1 – С-тип; 2 – кинкинг; 3 – койлинг

Результаты и их обсуждение. В результате исследования было выявлено, что у 59 пациентов (95,2%) позвоночные артерии отходят от подключичных артерий, у двух пациентов правая – от общей сонной артерии, у одного левая – от аорты.

По средним значениям диаметра сегмента V1 отсутствуют статистически значимые различия как гендерные, так и билатеральные.

Вход ПА в костный канал в большинстве случаев (95,2%) происходил симметрично, на уровне С6: справа – у 85,5% пациентов, слева – у 87,1%. Также были отмечены случаи входа на уровне С7: справа – 9,68%, слева – 12,90% и С5 : справа и слева по 3,22%. На уровне С6 выявлены значимые различия диаметра поперечных отверстий: справа больше, чем слева. На уровнях С2–С5 и С7 различия отсутствуют. В сегменте V2 значимых гендерных различий диаметра ПА не выявлено (табл. 1).

Табл. 1. Диаметр V2 сегмента позвоночной артерии и отверстий поперечных отростков шейных позвонков справа и слева

	Д правой ПА, М ± SD мм	Д левой ПА, М ± SD мм	p	Д правого ПО, М ± SD мм	Д левого ПО, М ± SD мм	p
C2	3,45±0,8	3,62±1,01	0,295	5,83±0,99	6,08±1,23	0,10
C3	3,32±0,77	3,35±0,86	0,813	5,22±0,98	5,34±0,94	0,335
C4	3,34±0,63	3,45±0,82	0,399	5,22±0,81	5,41±0,87	0,123
C5	3,42±0,6	3,59±0,95	0,219	5,62±1,15	5,76±1,21	0,271
C6	3,57±0,72	3,54±0,97	0,807	5,97±1,42	6,36±1,39	0,004

На уровне V3 (C1) сегмента статистически значимые гендерные различия есть только в диаметре левой ПА (у мужчин достоверно больше) и в диаметре левого отверстия поперечного отростка C1 (также достоверно больше у мужчин) (табл. 2). Межсторонних различий не выявлено (табл. 3).

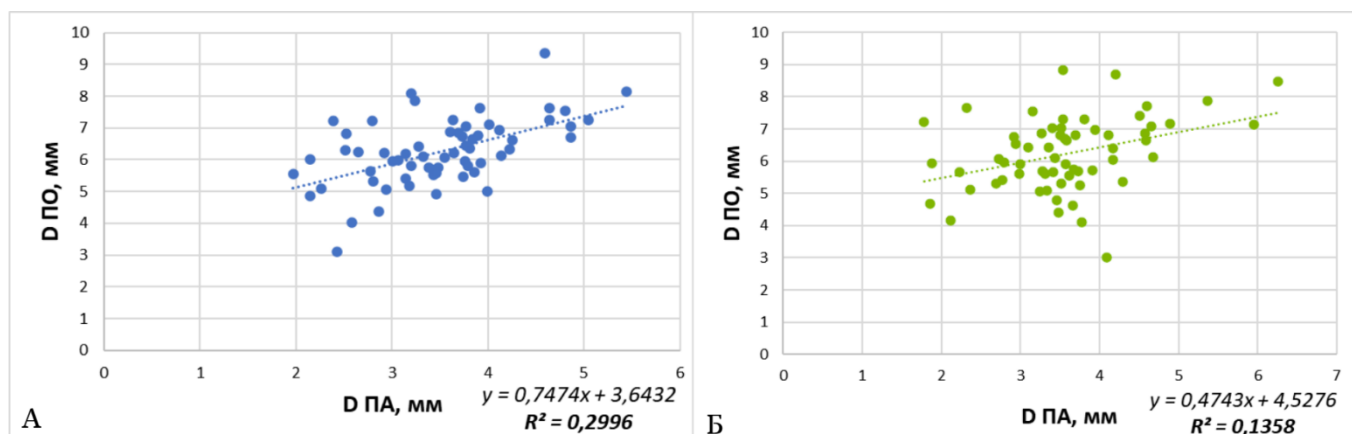
Табл. 2. Диаметр V3 сегмента позвоночной артерии и отверстий поперечных отростков шейных позвонков C1 у мужчин и женщин

	D правой ПА, М ± SD мм	D левой ПА, М ± SD мм	D правой ПО C1, М ± SD мм	D левого ПО C1, М ± SD мм
мужчины	3,46±0,75	3,74±0,93	6,21±1,17	6,48±1,15
женщины	3,60±0,81	3,25±0,7	6,37±0,78	5,72±0,96
p	0,52	0,023	0,533	0,009

Табл. 3. Диаметр V3 сегмента позвоночной артерии и отверстий поперечных отростков шейных позвонков C1 справа и слева

	правая сторона, М ± SD мм	левая сторона, М ± SD мм	p
D ПА	3,57 ± 0,89	3,50 ± 0,77	0,664
D ПО	6,22 ± 1,14	6,26 ± 1,05	0,815

Взаимосвязь между диаметрами ПА и костного канала на уровнях C1-C6 позвонков визуализирует диаграмма рассеяния с линией тренда (диагр. 1).



Диагр. 1 – Диаграмма рассеяния взаимосвязи среднего значения диаметра ПА и среднего значения диаметра костного канала, образованного C1-C6 с линией тренда. А – справа, Б – слева

Корреляционный анализ зависимости между диаметром позвоночной артерии и отверстием поперечных отростков шейных позвонков в сегментах V2 и V3 показал, что в большинстве случаев выявлена умеренная положительная связь, при этом слева в ряде уровней отмечается более выраженная корреляция по сравнению с правой стороной (табл. 4).

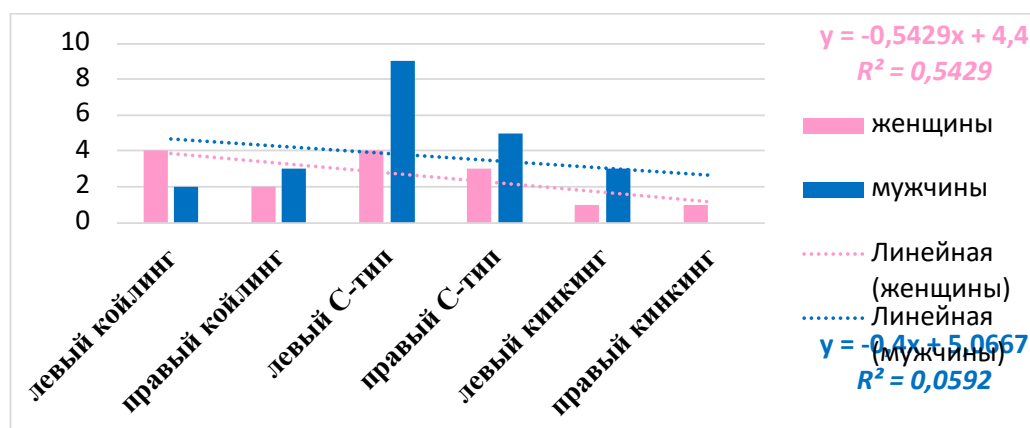
Табл. 4. Корреляционный анализ зависимости между диаметром позвоночной артерии и поперечным отверстием шейных позвонков в сегментах V2 и V3

Сегмент	Уровень	Правая сторона	Заключение	Левая сторона	Заключение
V3	C1	0,55	заметная	0,37	умеренная

Продолжение таблицы 4

V2	C2	0,38	умеренная	0,7	высокая
	C3	0,54	заметная	0,44	умеренная
	C4	0,28	слабая	0,44	умеренная
	C5	0,34	умеренная	0,4	умеренная
	C6	0,3	умеренная	0,26	слабая

Извитость ПА отмечена у 22 (35,48±6,08%) пациентов с преобладанием у мужчин. У 7 (31,82%) пациентов наблюдалось двустороннее поражение позвоночной артерии, а также сочетание форм извитостей (диагр. 2).



Диагр. 2 – Диаграмма типов извитости с линией тренда

Выводы:

1. В большинстве случаев ПА имеет типичное отхождение и уровень входа в костный канал на уровне С6.
2. В сегменте V2 статистически значимых билатеральных и гендерных различий диаметра ПА не выявлено.
3. У женщин отверстие поперечного отростка С1 слева достоверно меньше, чем у мужчин, диаметр левой ПА в сегменте V3 статистически значимо меньше, чем у мужчин.
4. Патологическая извитость позвоночной артерии была выявлена почти у трети обследованных, с преобладанием у мужчин. Самым распространенным поражением является извитость С-типа левой позвоночной артерии.
5. Корреляция между диаметром ПА и диаметром отверстия поперечного отростка варьирует: в большинстве случаев выявлена умеренная положительная связь, максимальная - выраженная на уровне С2 слева.

Литература

1. Campero, A., Rubino, P.A., Rhoton, A.L. Anatomy of the vertebral artery. In: Pathology and surgery around the vertebral artery. Springer, Paris. – 2011. – P. 29-40.
2. Zarrinkoob, L.; Ambarki, K.; Wahlin, A.; Birgander, R.; Eklund, A.; Malm, J. Blood flow distribution in cerebral arteries. J. Cereb. Blood Flow Metab. – 2015. – P. 648–654.
3. Bhatt, D. L. Guide to Peripheral and Cerebrovascular Intervention / D. L. Bhatt. – London: Remedica, 2004. – P. 291.
4. Захматова, Т.В. Клинико-лучевые сопоставления при дегенеративных заболеваниях и повреждениях шейного отдела позвоночника и их значение в оптимизации тактики лечения [Текст]*: автореф. дис. канд. мед. наук : 14.01.13 / Т.В. Захматова. – Санкт-Петербург, 2017. – 409 с.