

АНАТОМИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ УРОВНЯ ВХОЖДЕНИЯ ПОЗВОНОЧНОЙ АРТЕРИИ В КАНАЛ ПОПЕРЕЧНЫХ ОТРОСТКОВ ШЕЙНЫХ ПОЗВОНКОВ ПО ДАННЫМ МУЛЬТИСРЕЗОВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Волчкевич Д.А., Бобрик А.В., Токина И.Ю.

Гродненский государственный медицинский университет

Гродно, Беларусь

Введение. Позвоночная артерия – первая ветвь подключичной артерии – обеспечивает около 20% суммарного мозгового кровотока, кровоснабжая мозжечок, ствол головного мозга и затылочные доли. Ее шейный сегмент располагается в костном канале поперечных отростков шейных позвонков, в норме поднимаясь от C_6 до C_1 . Согласно классическим анатомическим описаниям, вхождение позвоночной артерии в костный канал происходит именно на уровне C_6 ; между тем накопленные анатомические данные показывают, что этот уровень может значительно варьировать [1, с. 1557; 2, с. 930].

Вопрос об анатомической изменчивости позвоночной артерии приобрел особую клиническую остроту в связи с нарастающим числом хирургических вмешательств на шейном отделе позвоночника. По данным Yi X. et al. (2022), проводившему исследование 223 пациента, частота атипичного вхождения позвоночной артерии составила 8,3%, причем нераспознанные варианты были прямо связаны с повышенным операционным риском [3, с. 2]. По данным Al Hajri F. et al. (2023), выполнивших анализ 579 последовательных МСКТ-ангиограмм, частота атипичного вхождения достигала 10,4%, а вариант C_5 достоверно преобладал над прочими [4, с. 3].

Вместе с тем сравнение данных разных авторов не всегда приемлемо, т.к. исследования проводились на разнородных по этническому составу выборках – азиатских, южноафриканских, европейских, ближневосточных, тогда как данные по белорусской и в целом восточноевропейской популяциям остаются крайне ограниченными. Кроме того, Omotoso B. R. et al. (2021) в анализе проксимальных сегментов позвоночной артерии зафиксировали значимую взаимосвязь между уровнем вхождения и диаметром артерии [2, с. 935]. Uchino A. et al. (2013) продемонстрировали, что суммарная частота вариантов вхождения на уровне C_5 составила 7,0% для левой и 6,2% для правой позвоночной артерии [5, с. 588].

Цель. Изучить частоту и структуру анатомических вариантов вхождения позвоночной артерии в костный канал поперечных отростков шейных позвонков по данным МСКТ-А, оценить их клиническое значение и сопоставить результаты с данными современной зарубежной литературы.

Материалы и методы. В исследование включены пациенты, которым в 2023-2026 гг. была выполнена МСКТ-ангиография сосудов шеи и головного мозга на базе БСМП г. Гродно. Критерии включения: полноценная ангиографическая серия с визуализацией позвоночной артерии на протяжении всего шейного сегмента; возраст 18 лет и старше. Критерии исключения:

выраженные постоперационные или посттравматические изменения шейного отдела, интенсивные артефакты, исключающие надежную идентификацию сосуда, предшествующие реконструктивные вмешательства на сосудах шеи, а также стенозирующий атеросклероз позвоночной артерии, снижающий качество контрастирования.

Итоговую выборку составили 50 пациентов: 27 мужчин (54,0%) и 23 женщины (46,0%). Средний возраст – $54,6 \pm 14,1$ года.

Для каждого наблюдения регистрировались: уровень вхождения сосуда в костный канал поперечных отростков справа и слева, наличие и характер межсторонней асимметрии, наружный диаметр артерии в точке вхождения (измерялся в аксиальной плоскости перпендикулярно длиннику сосуда). Вхождение расценивалось как типичное при входе в костный канал на уровне C_6 и как атипичное при любом ином уровне; среди атипичных выделялись высокое вхождение (C_5 и выше) и низкое (C_7). Методология оценки соответствовала подходам, примененным в сопоставимых международных работах [5, с. 588].

Статистическую обработку проводили в программе Statistica 10.0. Уровень значимости – $p < 0,05$.

Результаты. В результате анализа МСКТ-ангиограмм 50 пациентов изучено 100 сосудистых комплексов (правая и левая ПА). Уровень вхождения позвоночной артерии в канал поперечных отростков установлен во всех наблюдениях. Распределение выявленных вариантов представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни вхождения позвоночной артерии (ПА) в канал поперечных отростков (n=100 сосудистых комплексов)

Уровень	Правая ПА	Левая ПА	Всего, n (%)	Двусторонн.
C_6 – типичное	42 (84)	40 (80)	82 (82)	38 (76)
C_5 – высокое	5 (10)	7 (14)	12 (12)	3 (6)
C_4 – высокое	2 (4)	2 (4)	4 (4)	1 (2)
C_3 и выше	1 (2)	0 (0)	1 (1)	0 (0)
C_7 – низкое	0 (0)	1 (2)	1 (1)	0 (0)
Итого	50 (100)	50 (100)	100 (100)	–

Типичное вхождение позвоночной артерии в канал поперечных отростков на уровне C_6 зарегистрировано в 82 из 100 сосудистых комплексов (82%). Среди атипичных вариантов преобладало высокое вхождение на уровне C_5 – 12 наблюдений (12%), составившее почти две трети всех отклонений от нормы. Вхождение на уровне C_4 выявлено в 4 случаях (4%), на уровне C_3 – в 1 случае (1%). Низкое вхождение (C_7), зафиксированное исключительно на левой стороне, отмечено в 1 наблюдении (1%). Суммарная частота атипичных вариантов составила 18 из 100 комплексов (18%).

Межсторонняя асимметрия по уровню вхождения артерии в канал поперечных отростков выявлена у 14 из 50 пациентов (28%). На левой стороне атипичные варианты встречались несколько чаще, чем на правой (20% и 16% соответственно), однако данное различие не достигло уровня статистической значимости ($p=0,47$).

Результаты измерения диаметра позвоночной артерии в точке вхождения в костный канал в зависимости от уровня представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Диаметр позвоночной артерии (ПА) в точке вхождения в канал поперечных отростков в зависимости от уровня

Уровень вхождения	Диаметр ПА, мм ($M\pm s$)	Диапазон, мм	p (vs. C ₆)
C ₆ (типичное, n=82)	3,9±0,7	2,4-5,8	—
C ₅ (n=12)	3,3±0,5	2,3-4,2	0,011
C ₄ (n=4)	2,7±0,4	2,2-3,1	0,007
C ₇ (n=1)	4,1	—	н/д

Диаметр позвоночной артерии при высоком вхождении на уровне C₅ оказался достоверно меньше, чем при типичном: 3,3±0,5 мм против 3,9±0,7 мм ($p=0,011$). При вхождении на уровне C₄ тенденция к уменьшению диаметра усилилась – 2,7±0,4 мм ($p=0,007$). Единственное наблюдение низкого вхождения (C₇) характеризовалось наибольшим диаметром позвоночной артерии в выборке (4,1 мм).

На основании полученных данных предложена рабочая классификация вариантов вхождения позвоночной артерии в канал поперечных отростков, учитывающая хирургическую значимость каждого типа (таблица 3).

Таблица 3 – Рабочая классификация вариантов вхождения позвоночной артерии (ПА) в канал поперечных отростков

Тип	Уровень вхождения	Частота	Хирургическое значение
I	C ₆ (типичный)	82%	Стандартный операционный риск при передних доступах к нижнешейному отделу
IIa	C ₅	12%	Повышенный риск при дискэктомии C ₄ -C ₅ , C ₅ -C ₆ ; нередко связан с гипоплазией ПА
IIб	C ₄ и выше	5%	Высокий риск при доступах к C ₃ -C ₅ ; диаметр ПА достоверно уменьшен; обязательна детальная предоперационная визуализация
III	C ₇ (низкое)	1%	Риск при операциях в зоне шейно-грудного перехода и при катетеризации подключичной вены

Обсуждение. Суммарная частота атипичного вхождения позвоночной артерии в канал поперечных отростков у наших пациентов (18%) несколько превышает показатели других авторов. Так, Yi X. et al. (2022) на материале 223 пациентов зафиксировали атипичное вхождение в 8,3% случаев, при этом вариант C₅ преобладал над всеми прочими (4,71%) [3, с. 2]. В исследовании Al Hajri F. et al. (2023) на 579 пациентах была установлена более высокая частота – 10,44%, с тем же устойчивым преобладанием C₅ (71% всех атипичных вариантов) [4, с. 3].

Wang S. et al. (2021) в ретроспективном анализе 589 трехмерных КТ-ангиограмм показали, что атипичное вхождение позвоночной артерии достоверно связано с целым рядом морфологических особенностей V2- и V3-сегментов, включая медиальную миграцию сосуда и нарушение типичного хода дуги атланта [1, с. 1556-1562]. Наши данные, в которых высокое вхождение сопровождалось достоверным уменьшением диаметра сосуда, согласуются с этими наблюдениями и подтверждают, что атипичный уровень вхождения редко является изолированной находкой, а как правило, выступает маркером более широкой анатомической изменчивости сосуда.

Взаимосвязь между уровнем вхождения и диаметром позвоночной артерии, зафиксированная нами, клинически важна в двух аспектах. Во-первых, уменьшение диаметра при вхождении на уровне C₄ до $2,7 \pm 0,4$ мм значительно ниже нижней границы нормы; у части таких пациентов речь идет о гипоплазии артерии, связанной, по данным Mehrpouran M. et al. (2024), с большей частотой неврологических нарушений в вертебробазилярном бассейне [6, с. 54-60]. Во-вторых, узкий диаметр сосуда затрудняет его интраоперационную визуальную идентификацию, что повышает риск ятрогенного повреждения при передних доступах к шейному отделу.

Межсторонняя асимметрия по уровню вхождения, выявленная у 28% пациентов, воспроизводит закономерность, описанную в работе Omotoso V. R. et al. (2021). По их данным, левая позвоночная несколько чаще демонстрировала нетипичный ход [2, с. 929-941], что нашло отражение и в нашей работе (левосторонние атипичные варианты – 20% против правосторонних – 16%). Это наблюдение имеет непосредственное практическое значение, т.к. планирование хирургического вмешательства с учетом только ипсилатеральной артерии несет риск недооценки контралатерального сосуда.

Немаловажно, что Uchino A. et al. (2013), обследовавшие 2287 пациентов, получили значительно более низкие показатели атипичного вхождения (7,0% для левой позвоночной артерии и 6,2% для правой) [5, с. 588], чем по результатам нашего исследования и ряда других авторов. Данный факт, по всей видимости, отражает реальную вариабельность признака и подчеркивает актуальность получения собственных отечественных данных, не опирающихся на зарубежные результаты.

Выводы.

1. По данным МСКТ-ангиографии, атипичное вхождение позвоночной артерии в канал поперечных отростков шейных позвонков выявлено в 18% сосудистых комплексов.

2. Наиболее частым атипичным вариантом является высокое вхождение на уровне C_5 (12%); доля вхождения на уровне C_4 и выше составляет 5%, низкое вхождение на уровне C_7 – 1%.

3. Высокое вхождение позвоночной артерии достоверно связано с уменьшением диаметра артерии ($3,3 \pm 0,5$ мм при C_5 и $2,7 \pm 0,4$ мм при C_4 против $3,9 \pm 0,7$ мм при C_6), что необходимо учитывать при оценке вертебробазилярного кровотока.

4. Межсторонняя асимметрия уровня вхождения выявлена у 28% пациентов, что диктует обязательный двусторонний анализ при предоперационной подготовке.

5. Предложенная трехтипная рабочая классификация позволяет стратифицировать хирургический риск и определить оптимальный объем предоперационного обследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anatomical Variations of the Vertebral Artery: Analysis by Three-Dimensional Computed Tomography Angiography in Chinese Population / S. Wang, W. J. Ren, L. Zheng [et al.] // Orthopaedic Surgery. – 2021. – Vol. 13, № 5. – P. 1556–1562.

2. An anatomical investigation of the proximal vertebral arteries (V1, V2) in a select South African population / B. R. Omotoso, R. Harrichandparsad, I. G. Moodley [et al.] // Surgical and Radiologic Anatomy. – 2021. – Vol. 43, № 6. – P. 929–941.

3. Entrance and origin of the extracranial vertebral artery found on computed tomography angiography / X. Yi, P. Xie, L. Zhang [et al.] // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12, № 1. – Art. 15274.

4. Radiological Assessment of Extracranial Vertebral Artery Variations: A Computed Tomography Angiography Study / F. Al Hajri, B. Al Yahya'ey, S. R. Sirasanagandla [et al.] // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13, № 10. – Art. 5822.

5. Uchino, A. Variations in the origin of the vertebral artery and its level of entry into the transverse foramen diagnosed by CT angiography / A. Uchino, N. Saito, M. Takahashi // Neuroradiology. – 2013. – Vol. 55, № 5. – P. 585–594.

6. Evaluation of vertebral artery variations and arterial dominance in cervical CT angiographic images in Iranian population / M. Mehrpouyan, M. Sametzadeh, M. Garibvand, A. R. E. Moghadam // Romanian Neurosurgery. – 2024. – Vol. 38, № 1. – P. 54–60.