

Ширина тел шейных позвонков и поперечных отверстий с учетом хода позвоночных артерий и дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника

А.С. Мошкин¹, В.Н. Николенко^{2,3}, М.А. Халилов¹

¹ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», Орел, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, Москва, Россия

³ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Шейный отдел позвоночника обладает высокой подвижностью и подвержен развитию дегенеративно-дистрофических изменений (ДДИ). Расширение диапазона возможностей клинической диагностики требует активной разработки алгоритмов для специализированных средств анализа информации. Данные об индивидуальной изменчивости скелета востребованы при планировании малоинвазивных хирургических вмешательств. Важной задачей для исследователей стало сопоставление таких наблюдений с данными клинической практики. Изучение анатомической изменчивости актуально при поиске более эффективных способов выполнения нейрохирургических вмешательств.

Цель. Сравнительный анализ поперечных размеров тел шейных позвонков и поперечных отверстий с учетом хода позвоночных артерий (ПА) и проявлений ДДИ позвоночника.

Материалы и методы. Изучены 214 магнитно-резонансных томограмм. Определяли поперечный размер (ширину) тел шейных позвонков и средний поперечный размер (ширину) поперечных отверстий (расстояние между медиальной и латеральной стенками поперечных отверстий). Для оценки пропорциональности отношений между вышеуказанными параметрами рассчитывали среднее отношение ширины поперечных отверстий к поперечному размеру тела соответствующего позвонка. С учетом ДДИ шейного отдела позвоночника и характера хода ПА выделены 4 группы: 1-я группа – без признаков ДДИ и непрямолинейным ходом ПА ($n = 20$); 2-я группа – без признаков ДДИ и прямолинейным ходом ПА ($n = 89$); 3-я группа – с признаками ДДИ и непрямолинейным ходом ПА ($n = 49$); 4-я группа – с признаками ДДИ и прямолинейным ходом ПА ($n = 56$).

Результаты. Ширина поперечных отверстий позвонков С4–С6 различалась при сравнении 1-й и 2-й групп на 0.29–0.78 мм, при сравнении 1-й и 3-й групп – на 0.24–0.58 мм (слева отверстия были шире). Ширина тел позвонков С3, С6, С7 при сравнении 1-й и 4-й групп различалась на 0.8–1.2 мм; позвонков С3, С7 при сравнении 2-й и 3-й групп – на 0.35–0.53 мм. Средние значения отношения ширины поперечных отверстий к ширине тела позвонка во всех группах находились в диапазоне от 0.2 до 0.29. Значимыми были различия для позвонков С4–С6 при сравнении 1-й и 2-й групп; позвонков С4, С6 – 1-й и 3-й групп; позвонков С5, С6 – 1-й и 4-й групп.

Заключение. При диагностике ДДИ позвоночника и различном характере хода ПА достоверные различия были установлены для ширины тел позвонков С6, С7. Значимых различий не было отмечено для ширины тел позвонков в группах, различающихся только характером хода сосудов. В случаях отсутствия ДДИ различия отмечены для ширины поперечных отверстий позвонков С4–С6 и их отношения к ширине тел позвонков. При прямолинейном ходе сосудов статистически значимых различий, связанных с выявлением ДДИ, для позвонков и поперечных отверстий отмечено не было.

Ключевые слова: шейные позвонки, поперечные отверстия, ширина тела позвонка, ширина поперечных отверстий.

Образец цитирования: Мошкин А.С., Николенко В.Н., Халилов М.А. Ширина тел шейных позвонков и поперечных отверстий с учетом хода позвоночных артерий и дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника // Journal of Siberian Medical Sciences. 2024;8(4):51-64. DOI: 10.31549/2542-1174-2024-8-4-51-64

Поступила в редакцию 14.02.2024
Прошла рецензирование 11.03.2024
Принята к публикации 25.03.2024

Автор, ответственный за переписку
Мошкин Андрей Сергеевич: ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Минобрнауки России. 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95.
E-mail: as.moshkin@internet.ru

Received 14.02.2024
Revised 11.03.2024
Accepted 25.03.2024

Corresponding author
Andrey S. Moshkin: Orel State University named after I.S. Turgenev, 95, Komsomolskaya str., Orel, 302026, Russia.
E-mail: as.moshkin@internet.ru

The width of the cervical vertebral bodies and transverse foramina with regard to the course of vertebral arteries and degenerative and dystrophic changes of the spine

A.S. Moshkin¹, V.N. Nikolenko^{2,3}, M.A. Khalilov¹

¹Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

²Sechenov University, Moscow, Russia

³Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ABSTRACT

Introduction. The cervical spine has a high mobility and is prone to the development of degenerative and dystrophic changes (DDCH). Expanding the range of clinical diagnostic capabilities requires the active development of algorithms for specialized information analysis tools. Data on individual variability of the skeleton are in demand when planning minimal invasive surgical interventions. The comparison of such information with clinical practice data has become an important task for researchers. The study of anatomical variability is relevant in the search for more effective ways of performing neurosurgical interventions.

Aim. A comparative analysis of transverse dimensions of the cervical vertebral bodies and transverse foramina in relation to the course of the vertebral arteries (VA) and manifestations of spinal DDCH.

Materials and methods. A total of 214 magnetic resonance images were studied. The transverse size (width) of the cervical vertebral bodies and the average transverse size (width) of the transverse foramina (the distance between the medial and lateral walls of the transverse foramina) were determined. To assess the proportionality of the relationship between the abovementioned parameters, the average ratio of the transverse foramen width to the width of the body of the corresponding vertebra was calculated. Considering the DDCH of the cervical spine and the course of VA, 4 groups were identified: 1st group – without signs of DDCH and indirect VA ($n = 20$); 2nd group – without signs of DDCH and direct VA ($n = 89$); 3rd group – with signs of DDCH and indirect VA ($n = 49$); 4th group – with signs of DDCH and direct VA ($n = 56$).

Results. The width of the transverse foramina of the C4–C6 vertebrae differed by 0.29–0.78 mm when comparing the 1st and 2nd groups, by 0.24–0.58 mm when comparing the 1st and 3rd groups (foramina on the left side were wider). The width of the C3, C6, C7 vertebral bodies when comparing the 1st and 4th groups differed by 0.8–1.2 mm; at the level of C3, C7 when comparing the 2nd and 3rd groups – by 0.35–0.53 mm. The mean values of the transverse foramina width/vertebral body width ratio in all groups ranged from 0.2 to 0.29. Significant differences were found for the C4–C6 vertebrae when comparing the 1st and 2nd groups; for the C4, C6 vertebrae – the 1st and 3rd groups; for the C5, C6 vertebrae – the 1st and 4th groups.

Conclusion. In the diagnosis of spinal DDCH and the different course of VA, significant differences were found for the vertebral body width at the level of C6, C7. No significant differences were noted for the vertebral body width in groups differing only in the course of VA. In the absence of DDCH, differences were revealed for the transverse foramina width of the C4–C6 vertebrae and the ratio of the width of transverse foramina to vertebral body width. With the direct course of the vessels, there were no statistically significant differences associated with the detection of DDCH for the vertebrae and transverse foramina.

Keywords: cervical vertebrae, transverse foramina, vertebral body width, width of transverse foramina.

Citation example: Moshkin A.S., Nikolenko V.N., Khalilov M.A. The width of the cervical vertebral bodies and transverse foramina with regard to the course of vertebral arteries and degenerative and dystrophic changes of the spine. *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2024;8(4):51-64. DOI: 10.31549/2542-1174-2024-8-4-51-64

ВВЕДЕНИЕ

Шейный отдел позвоночника, являясь наиболее подвижной частью осевого скелета, подвержен развитию дегенеративно-дистрофических изменений, оказывающих значительное влияние на здоровье пациентов. На современном этапе развития инструмен-

INTRODUCTION

The cervical spine, being the most mobile part of the axial skeleton, is prone to developing degenerative and dystrophic changes that have a significant impact on the health of patients. At the current stage of development of clinical diagnostics, it has become to obtain the intravital highly informative diagnostic

тальной диагностики стало доступно получение прижизненных высокоинформативных диагностических изображений [1, 2]. Важным этапом в диагностическом процессе стал анализ взаимного отношения анатомических структур позвоночника. Использование в повседневной клинической практике морфометрии позволяет значительно расширить возможности дифференциальной диагностики [3, 4]. В частности, большое внимание отводится многими авторами изучению вопроса анатомической изменчивости сосудов и роли различных факторов, влияющих на церебральную гемодинамику [5–7]. Широко используется возможность анализировать диапазоны индивидуальной изменчивости костных структур и сопоставлять результаты с общедоступными сведениями, применяя устойчивые анатомические ориентиры [8]. В настоящее время наблюдается расширение диапазона возможностей применения клинических методов в диагностике, ведется активная разработка алгоритмов и специализированных средств анализа получаемой информации. Опираясь на данные об индивидуальной изменчивости, в частности костных структур, активно развиваются малоинвазивные техники хирургических вмешательств [2]. Важной задачей для исследователей становится сопоставление получаемых данных наблюдений с результатами, накопленными в клинической практике. При анализе рентгенограмм ведущая роль отводится оценке вертикальных размеров анатомических структур, для компьютерной и магнитно-резонансной томографии (КТ и МРТ) наиболее ценны изображения в поперечной (аксиальной) плоскости. Сравнение данных морфометрии поперечных размеров позвонков достаточно информативно для различных диагностических методов и позволяет проводить сопоставление данных в клинике [9, 10]. Изучение анатомической изменчивости оказалось одним из важнейших факторов, влияющих на планирование и разработку более эффективных способов выполнения нейрохирургических вмешательств. В настоящее время наблюдается увеличение количества научных работ, в которых указывается, что современная нейрохирургия с применением эндоскопических технологий требует особого, крайне внимательного отношения к вопросам анатомической вариативности и позволяет расширять оперативные доступы, при которых важен каждый дополнительный миллиметр [11].

images [1, 2]. An important milestone in the diagnostic course became the analysis of the mutual relationship of anatomical structures of the spine. The use of morphometry in routine clinical practice significantly expands the possibilities of differential diagnosis [3, 4]. In particular, many authors pay great attention to the study of anatomical variability of vessels and the role of various factors affecting cerebral hemodynamics [5–7]. The ability to analyze the ranges of individual variability in bone structures and compare the results with the available data by applying stable anatomical landmarks is widely used [8]. Currently, there is an expansion of the range of possibilities to apply clinical methods in diagnostics, and active development of algorithms and specialized tools for analysis of the information is underway. Based on the data on individual variability, particularly of bone structures, minimally invasive surgical techniques are being actively developed [2]. It becomes an important task for researchers to compare the data obtained with the results accumulated in clinical practice. When analyzing radiographs, the leading role is given to assessing vertical dimensions of anatomical structures, while for computed tomography and magnetic resonance imaging (CT and MRI), images in the transverse (axial) plane are most valuable. Comparison of morphometry data on vertebral transverse sizes is quite informative for different diagnostic methods and allows comparison of data in clinical practice [9, 10]. The study of anatomical variability has proven to be one of the most important factors influencing the planning and development of more effective ways to perform neurosurgical interventions. Currently, there is an increase in the number of scientific papers showing that modern neurosurgery with the use of endoscopic technologies requires special, extremely careful attention to the issues of anatomical variability and allows to expand surgical accesses in which every additional millimeter is important [11].

AIM OF THE RESEARCH

A comparative analysis of transverse dimensions of the cervical vertebral bodies and transverse foramina in relation to the course of the vertebral arteries and manifestations of degenerative and dystrophic changes of the spine.

MATERIALS AND METHODS

A study was based on the analysis of 214 magnetic resonance images of volunteers aged 18 to 84 years. Diagnostic images were recorded on digital media and were obtained during the examination of patients using conventional methods in T1- and T2-weighted

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнительный анализ поперечных размеров тел шейных позвонков и поперечных отверстий с учетом хода позвоночных артерий и проявлений дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на основе анализа 214 магнитно-резонансных томограмм добровольцев в возрасте от 18 до 84 лет. Диагностические изображения были представлены на цифровых носителях и получены в ходе обследования пациентов по стандартным методикам в режимах T1, T2 и с функцией жироподавления (Stir) в трех проекциях на магнитно-резонансных томографах GE Brivo MR355 и Philips Intera с напряженностью магнитного поля 1–1.5 Тл. Анализ томограмм выполнялся с помощью специализированного программного обеспечения Evorad RIS-PACS Workstation 2.1 и Merge Healthcare eFilm Workstation 3.1.0 (Merge Healthcare). Изучение диагностических изображений выполнялось в режиме T2-ВИ (взвешенное изображение). Аксиальные томограммы выполнены при области сканирования 200×200 мм, разрешении 512×512, глубине цвета 16 бит, толщине среза 3 мм (размер пикселя на изображении 0.39×0.39 мм). Сагиттальные и фронтальные томограммы выполнены при области сканирования 240×240 мм, разрешении 512×512, глубине цвета 16 бит, толщине среза 3 мм (размер пикселя на изображении 0.47×0.47 мм). На диагностических изображениях с использованием функций программного обеспечения определяли: 1) поперечный размер (ширину) тел шейных позвонков; 2) средний поперечный размер (ширину) поперечных отверстий (расстояние между медиальной и латеральной стенками поперечных отверстий) (рис. 1). Для оценки пропорциональности отношений между вышеуказанными параметрами рассчитывали среднее отношение ширины поперечных отверстий к поперечному размеру тела соответствующего позвонка. Нами была выбрана оценка поперечных размеров костных структур как способ, позволяющий использовать полученные данные не только для методов МРТ и КТ, но и рентгенографии в прямой проекции.

Полученные данные сгруппированы в таблицы Microsoft Excel 2007 с учетом характера хода позвоночных артерий и выраженности диа-

sequences and STIR sequence in three projections on 1–1.5 T GE Brivo MR355 and Philips Intera MR scanners. The images were analyzed with Evorad RIS-PACS Workstation 2.1 and Merge Healthcare eFilm Workstation 3.1.0 (Merge Healthcare) software. The study of diagnostic images was performed in T2-weighted sequence. Axial images were made with a field of view 200×200 mm, resolution 512×512, color depth 16 bits, and slice thickness 3 mm (pixel size on the image 0.39×0.39 mm). Sagittal and frontal images were performed with a field of view of 240×240 mm, resolution of 512×512, color depth of 16 bits, and slice thickness of 3 mm (pixel size in the image is 0.47×0.47 mm). On the images with the use of software functions, we have determined: 1) the transverse size (width) of the cervical vertebral bodies; 2) the average transverse size (width) of the transverse foramina (the distance between the medial and lateral walls of transverse foramina) (Fig. 1). To assess the proportionality of the relationship between the abovementioned parameters, the average ratio of the transverse foramen width to the transverse body size of the corresponding vertebra was calculated. We have chosen the assessment of the transverse dimensions of bone structures as a method that allows us to evaluate not only obtained MRI and CT images, but also frontal radiographs.

The data obtained were formed into Microsoft Excel 2007 data sheets considering the course of the vertebral arteries and the severity of the diagnosed degenerative and dystrophic changes at the level of the cervical spine.

Statistical analysis was performed with the IBM SPSS Statistics 20 and StatSoft Statistica 10 programs. The normality of distribution of quantitative variables was assessed using Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk tests with the construction of histograms and distribution plots. As a result, the normal distribution was confirmed for all variables. Based on this, the mean value (M), error of the mean (m), standard deviation (σ) and coefficient of variation (CV, %) were determined for all parameters. The assessment of significance of differences between the studied variables was confirmed with the one-sample Student's *t*-test (the critical level of significance at $p \leq 0.05$).

In the analysis of the images, a direct course of the vertebral arteries was in 145 cases, indirect – in 69 cases (Fig. 2).

The structure of the vertebral bodies and intervertebral discs was also assessed according to the I.P. Thompson classification, 1990. In 109 cases, no significant degenerative and dystrophic changes of

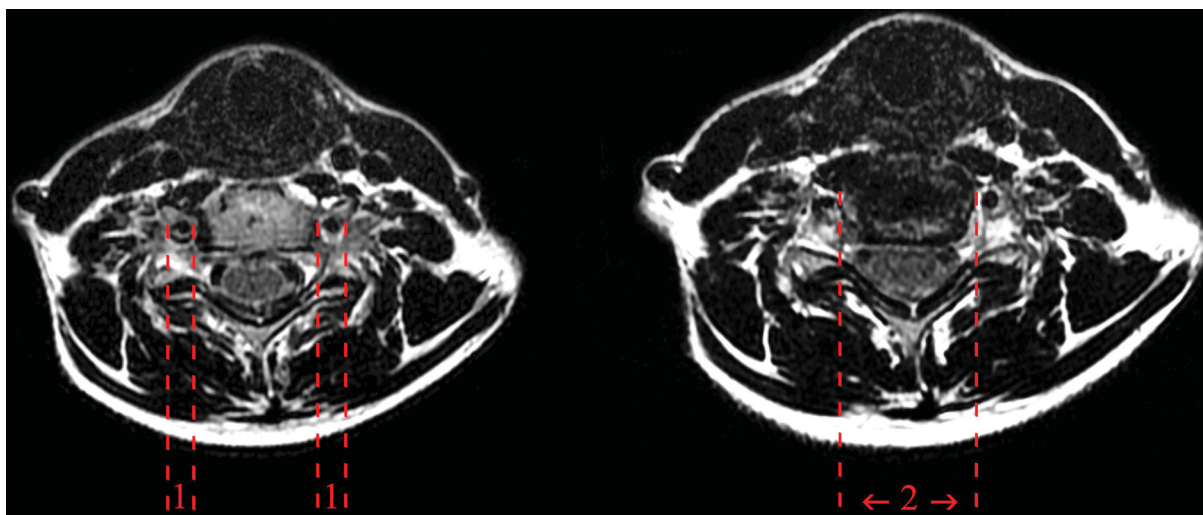


Рис. 1. Ориентиры, используемые при выполнении измерений, на магнитно-резонансной томограмме в аксиальной (поперечной) плоскости (женщина 50 лет, визуализация на уровне позвонка С6, режим Т2-ВИ) (1 – ширина поперечных отверстий; 2 – ширина тела позвонка)

Fig. 1. Landmarks used for measurements on the magnetic resonance image in the axial (transverse) plane (50-year-old woman, visualization at the level of the C6 vertebra, T2-weighted sequence) (1 – width of the transverse foramina; 2 – vertebral body width)

гностированных дегенеративно-дистрофических изменений на уровне шейного отдела позвоночника.

Статистический анализ выполнялся с использованием программ IBM SPSS Statistics 20 и StatSoft Statistica 10. Нормальность распределения количественных признаков оценивали с помощью критериев Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка с построением гистограмм и графиков распределения. В результате было подтверждено нормальное распределение для всех показателей в наблюдении. Исходя из этого для всех оцениваемых значений определялось среднее значение (M), ошибка среднего (m), стандартное отклонение (σ) и коэффициент вариации ($CV, \%$). Оценка значимости различий изучаемых признаков подтверждена расчетами одновыборочного t -критерия Стьюдента (критический уровень значимости для всех оцениваемых характеристик $p \leq 0.05$).

При анализе томограмм в 145 наблюдениях отмечен прямолинейный ход позвоночной артерии; в 69 случаях – непрямолинейный ход этого сосуда (рис. 2).

Также проводилась оценка структуры тел позвонков и межпозвоночных дисков по классификации I.P. Thompson et al., 1990. В 109 случаях на томограммах не было выраженных дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника. В этой группе высота межпозвоночных дисков и сигналы от них в режиме Т2 были не

the spine were found. In this group, the height of the intervertebral discs and their signals in the T2 sequence were not reduced, their structure corresponded to Thompson I–II, the margins of the vertebral bodies were clear and even. On the other 105 images, osteochondrosis-related changes in the intervertebral discs and vertebral bodies were revealed. The diagnostic images showed significant changes in the form of a decrease in the signal intensity from the intervertebral discs and their height (Thompson III–V), spondylosis, structural changes in the area of the vertebral end plates, changes in signals from the vertebral body structures (Fig. 3).

Thus, considering the detection of degenerative and dystrophic changes and the pattern of the course of the vertebral arteries, four groups were identified in the study:

1st group – absence of significant changes in the cervical spine in combination with the indirect vertebral arteries ($n = 20$);

2nd group – absence of significant changes in the cervical spine in combination with the direct vertebral arteries ($n = 89$);

3rd group – significant degenerative and dystrophic changes in the cervical spine in combination with the indirect vertebral arteries ($n = 49$);

4th group – significant degenerative and dystrophic changes in the cervical spine in combination with the direct vertebral arteries ($n = 56$).

Data on the age of volunteers in the study groups are presented in Table 1.

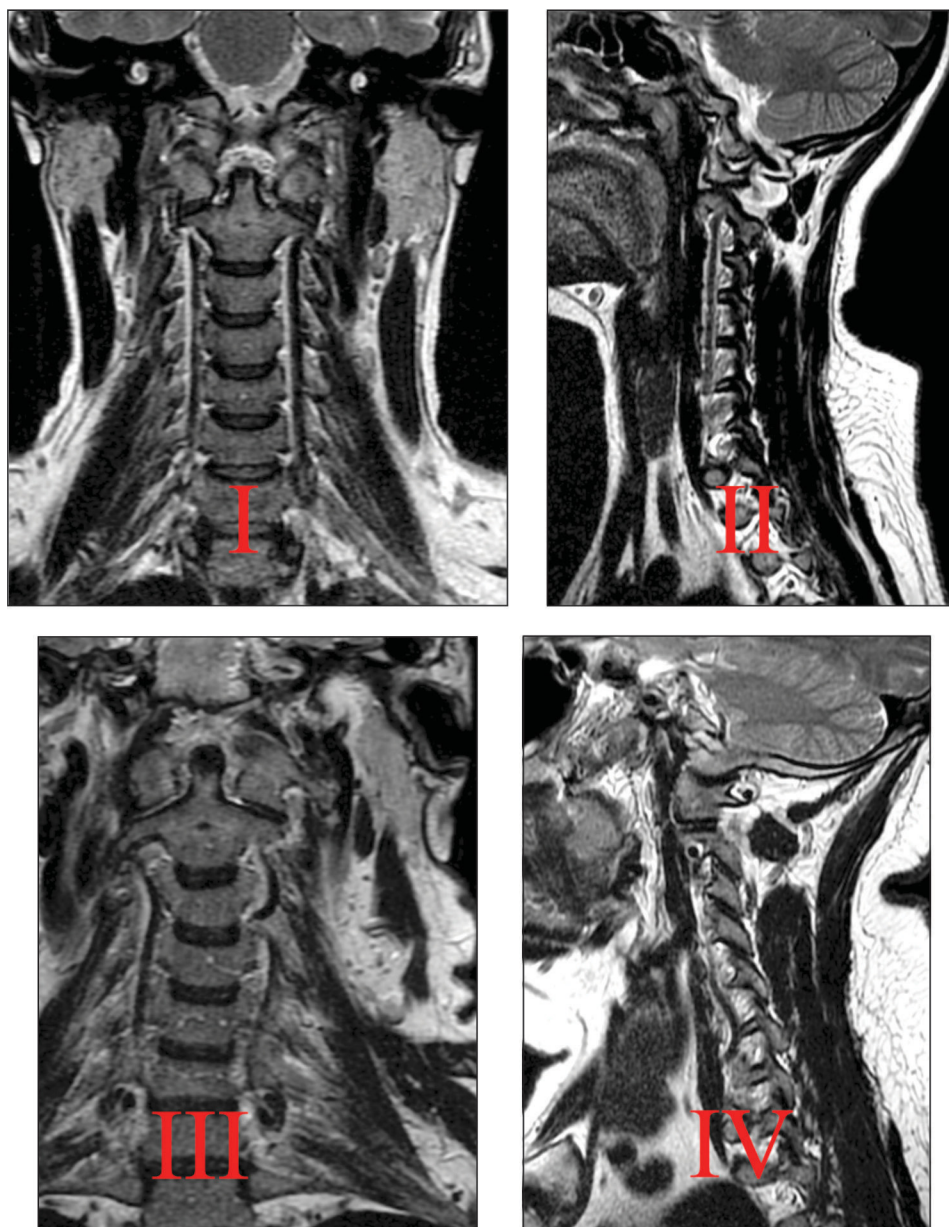


Рис. 2. Характер хода позвоночных артерий на магнитно-резонансных томограммах в сагиттальной и фронтальной плоскостях:

I, II – прямолинейный ход (женщина 27 лет, T2-ВИ): I – во фронтальной плоскости; II – в сагиттальной плоскости; III, IV – непрямолинейный ход (мужчина 40 лет, T2-ВИ): III – во фронтальной плоскости; IV – в сагиттальной плоскости

Fig. 2. The course of the vertebral arteries on the magnetic resonance images in the sagittal and frontal planes: I, II – direct (27-year-old woman, T2-weighted sequence): I – in the frontal plane; II – in the sagittal plane; III, IV – indirect (40-year-old man, T2-weighted sequence): III – in the frontal plane; IV – in the sagittal plane

снижены, структура их соответствовала I–II степени по классификации Thompson, края тел позвонков четкие, ровные. На других 105 томограммах были выявлены изменения межпозвоночных дисков и тел позвонков вследствие остеохондроза. На диагностических изображениях были выраженные изменения в виде снижения

RESULTS

The width of the transverse foramina was determined at the level of the C2–C7 cervical vertebrae (Table 2).

When comparing the width of the transverse foramina in groups 2 and 3, as well as in groups 3 and 4, no statistically significant differences were

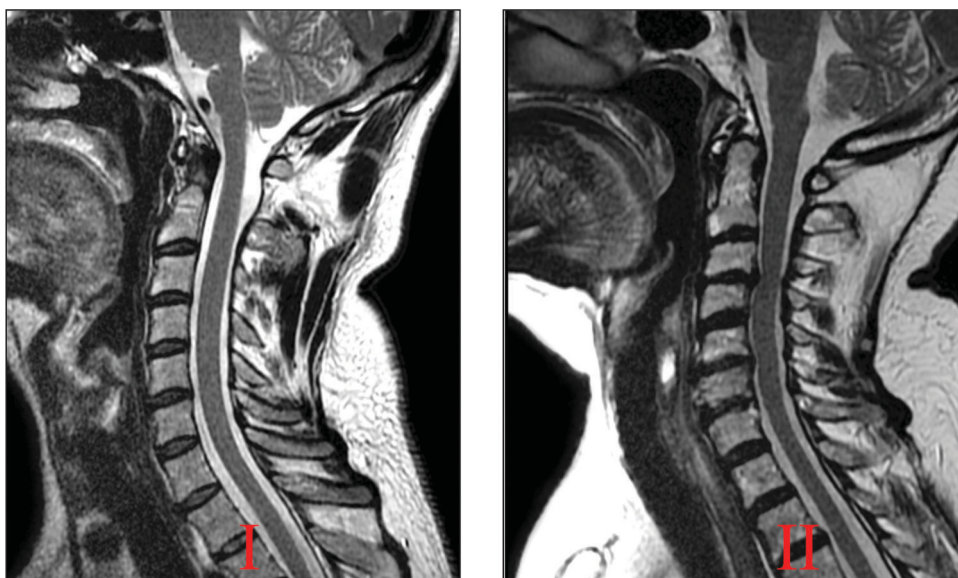


Рис. 3. Оценка значимости изменений в шейном отделе позвоночника на магнитно-резонансных томограммах в сагиттальной плоскости (T2-ВИ):

I – без значимо выраженных изменений в шейном отделе позвоночника (мужчина 27 лет); II – признаки выраженных дегенеративно-дистрофических изменений в шейном отделе позвоночника (женщина 79 лет)

Fig. 3. Assessment of the significance of changes in the cervical spine on the magnetic resonance images in the sagittal plane (T2-weighted sequence):

I – no significant changes in the cervical spine (27-year-old man); II – signs of significant degenerative and dystrophic changes in the cervical spine (79-year-old woman)

интенсивности сигналов от межпозвоночных дисков и их высоты (III–V степень по Thompson), явления спондилеза, структурные изменения в области замыкательных пластин, изменения сигналов от структур тел позвонков (рис. 3).

Таким образом, с учетом выявления дегенеративно-дистрофических изменений и характера хода позвоночных артерий были выделены четыре группы в исследовании:

1-я группа – отсутствие выраженных изменений в шейном отделе позвоночника в сочетании с непрямолинейным ходом позвоночных артерий ($n = 20$);

2-я группа – отсутствие выраженных изменений в шейном отделе позвоночника в сочетании с прямолинейным ходом позвоночных артерий ($n = 89$);

3-я группа – выраженные дегенеративно-дистрофические изменения в шейном отделе позвоночника в сочетании с непрямолинейным ходом позвоночных артерий ($n = 49$);

4-я группа – выраженные дегенеративно-дистрофические изменения в шейном отделе позвоночника в сочетании с прямолинейным ходом позвоночных артерий ($n = 56$).

Данные по возрасту добровольцев в группах исследования представлены в табл. 1.

registered ($p > 0.05$). The parameter of interest differed at the level of C4–C6 vertebrae between groups 1 and 2 ($p = 0.07–0.001$), with the difference between the mean values being 0.29–0.78 mm (the foramina on the left were 0.26–0.58 mm wider). Differences in the sizes of the C4–C6 vertebrae in the groups 1 and 3 ($p = 0.05–0.048$) averaged 0.24–0.58 mm (on the left, the foramina sizes were 0.2–0.37 mm larger than on the right). At the level of C5, differences were found when comparing the 1st and 4th groups ($p = 0.021$) with a difference in mean values of 0.32 mm (on the left, the width of the foramina was 0.48 mm larger); at the level of C4, when comparing groups 2 and 4 ($p = 0.049$), the difference between the mean values was 0.67 mm (the foramina on the left were 0.41 mm wider). In all groups, the mean sizes of the transverse foramina on the right were smaller than on the left.

The results of the vertebral body width measurements are presented in Table 3. The width of the vertebral bodies in the 1st and 2nd groups, as well as in the 3rd and 4th groups did not differ ($p > 0.05$). Significant differences were noted for the C2 and C3 vertebrae ($p = 0.011–0.033$) when comparing groups 1 and 3, the difference between the mean values was 0.1–0.47 mm. The parameter value for the C3, C6 and C7 vertebrae differed when comparing the

Таблица 1. Возраст участников в группах исследования
Table 1. Age of participants in the study groups

Статистический показатель Statistical indicator	1-я группа 1st group (n = 20)	2-я группа 2nd group (n = 89)	3-я группа 3rd group (n = 49)	4-я группа 4th group (n = 56)
M ± m, лет / years	36.1 ± 9.7	32.8 ± 7.8	54.3 ± 11.2	47.8 ± 10.1
σ, лет / years	13.1	10.1	14.3	12.5
CV, %	36.2	30.8	26.3	26.2

РЕЗУЛЬТАТЫ

Ширину поперечных отверстий определяли на уровне шейных позвонков С2–С7 (табл. 2).

При сравнении ширины поперечных отверстий 2-й и 3-й, а также 3-й и 4-й групп статистически значимые различия отсутствуют ($p > 0.05$). Изученный параметр различался на уровне позвонков С4–С6 между 1-й и 2-й группами ($p = 0.07–0.001$), при этом разница между средними значениями составила 0.29–0.78 мм (слева отверстия были на 0.26–0.58 мм шире). Различия размеров позвонков С4–С6 1-й и 3-й групп ($p = 0.05–0.048$) составили в среднем 0.24–0.58 мм (слева размеры отверстий были на 0.2–0.37 мм больше, чем справа). На уровне позвонка С5 различия были отмечены при сравнении 1-й и 4-й групп ($p = 0.021$) при разнице между средними значениями 0.32 мм (слева ширина отверстий была на 0.48 мм больше); на уровне позвонка С4 – при сравнении 2-й и 4-й групп ($p = 0.049$) с

groups 1 and 4 ($p = 0.01–0.04$) (differences from 0.8 to 1.2 mm); for the C3 and C7 vertebrae, when comparing groups 2 and 3 ($p = 0.04–0.035$), the mean values differed by 0.35–0.53 mm.

An assessment of the proportionality of the relationship between the morphometric characteristics of various structures is necessary for a comprehensive analysis, since these relationships reflect the influence of deformation factors on the vertebral anatomy. Therefore, the next stage of our study was to calculate the ratio of the transverse foramina width to the width of the bodies of the corresponding vertebrae (Table 4).

When comparing the proportional ratios between the groups 2 and 3, 2 and 4, 3 and 4, no differences were found ($p > 0.05$). Statistically significant differences were noted for the C4–C6 vertebrae when comparing the 1st and 2nd groups ($p = 0.003–0.035$); for the C4, C6 vertebrae – when comparing the 1st and 3rd groups ($p = 0.023–0.048$); for the

Таблица 2. Ширина поперечных отверстий шейных позвонков в группах исследования
Table 2. The width of the transverse foramina of the cervical vertebrae in the study groups

Позвонок Vertebra	Статистический показатель Statistical indicator	1-я группа 1st group (n = 20)	2-я группа 2nd group (n = 89)	3-я группа 3rd group (n = 49)	4-я группа 4th group (n = 56)
C7	M ± m, мм / mm	5.31 ± 0.64	5.65 ± 0.83	5.77 ± 1.28	5.89 ± 1.09
	σ, мм / mm	0.81	1.06	1.57	1.42
	CV, %	15.27	18.79	27.19	24.09
C6	M ± m, мм / mm	6.35 ± 0.87	6.06 ± 1.02	6.11 ± 0.99	6.24 ± 1.06
	σ, мм / mm	1.18	1.33	1.47	1.49
	CV, %	18.52	22.01	24.0	23.89
C5	M ± m, мм / mm	6.44 ± 1.07	5.82 ± 0.66	5.91 ± 0.68	6.12 ± 0.76
	σ, мм / mm	1.26	0.81	0.88	0.76
	CV, %	19.58	13.88	14.93	15.51
C4	M ± m, мм / mm	6.67 ± 0.89	5.89 ± 0.59	6.09 ± 0.80	6.00 ± 0.80
	σ, мм / mm	1.04	0.73	1.06	0.80
	CV, %	15.57	12.46	17.38	18.89
C3	M ± m, мм / mm	6.48 ± 1.11	5.89 ± 0.63	5.92 ± 0.60	6.18 ± 0.79
	σ, мм / mm	1.52	0.97	0.80	1.03
	CV, %	23.38	16.42	13.59	16.60
C2	M ± m, мм / mm	6.80 ± 0.77	6.52 ± 0.83	6.48 ± 0.75	6.80 ± 0.80
	σ, мм / mm	0.98	1.06	0.98	1.05
	CV, %	14.41	16.33	15.08	15.42

Таблица 3. Ширина тел позвонков в группах исследования
Table 3. The width of the vertebral bodies in the study groups

Позвонки Vertebra	Статистический показатель Statistical indicator	1-я группа 1st group (n = 20)	2-я группа 2nd group (n = 89)	3-я группа 3rd group (n = 49)	4-я группа 4th group (n = 56)
C7	M ± m, мм / mm	25.99 ± 1.64	26.70 ± 1.42	27.05 ± 1.46	26.79 ± 1.84
	σ, мм / mm	2.02	1.85	1.75	2.34
	CV, %	7.77	6.94	6.48	8.75
C6	M ± m, мм / mm	25.00 ± 1.2	25.55 ± 1.36	26.2 ± 1.48	26.03 ± 1.52
	σ, мм / mm	1.46	1.65	1.82	2.02
	CV, %	5.83	6.46	6.96	7.74
C5	M ± m, мм / mm	24.86 ± 1.31	25.22 ± 1.38	25.38 ± 1.47	25.80 ± 1.51
	σ, мм / mm	1.95	1.71	1.94	1.92
	CV, %	7.84	6.79	7.65	7.45
C4	M ± m, мм / mm	24.47 ± 0.84	24.82 ± 1.41	24.62 ± 1.35	25.03 ± 1.45
	σ, мм / mm	1.21	1.75	1.60	1.93
	CV, %	4.94	7.06	6.49	7.73
C3	M ± m, мм / mm	23.50 ± 1.32	24.50 ± 1.43	23.97 ± 1.23	24.70 ± 1.44
	σ, мм / mm	1.70	1.70	1.49	1.99
	CV, %	7.23	6.95	6.20	8.05
C2	M ± m, мм / mm	23.02 ± 1.04	23.74 ± 1.41	23.12 ± 1.34	24.21 ± 1.39
	σ, мм / mm	1.33	1.74	1.53	1.80
	CV, %	5.76	7.32	6.62	7.45

разницей средних значений 0.67 мм (слева отверстия были на 0.41 мм шире). Во всех группах средние размеры поперечных отверстий справа были меньше, чем слева.

Результаты измерения ширины тел позвонков представлены в табл. 3. Ширина тел позвонков в 1-й и 2-й группах, а также в 3-й и 4-й группах не различалась ($p > 0.05$). Значимые различия отмечены для позвонков C2 и C3 ($p = 0.011-0.033$) при сравнении 1-й и 3-й групп, разница между средними значениями составляла 0.1–0.47 мм. Величина параметра для позвонков C3, C6, C7 различается при сравнении 1-й и 4-й групп ($p = 0.01-0.04$) (различия от 0.8 до 1.2 мм), для позвонков C3 и C7 при сравнении 2-й и 3-й групп ($p = 0.04-0.035$) средние значения отличались на 0.35–0.53 мм.

Оценка пропорциональности отношений между морфометрическими характеристиками различных структур необходима для комплексного анализа, поскольку эти отношения отражают влияние деформационных факторов на анатомию позвонков. Поэтому следующим этапом нашего исследования был расчет отношения ширины поперечных отверстий к ширине тел соответствующих позвонков (табл. 4).

При сравнении пропорциональных отношений между 2-й и 3-й, 2-й и 4-й, 3-й и 4-й группами различий не отмечено ($p > 0.05$). Статисти-

C5, C6 vertebrae – when comparing the 1st and 4th groups ($p = 0.011-0.049$). The mean values of the ratios in all groups ranged from 0.2 to 0.29.

DISCUSSION

The indirect course of the vertebral arteries, which can be associated with both spinal abnormalities [4, 9] and progressing degenerative and dystrophic changes [1, 6], remains an urgent issue for modern medical practice due to the possible effect on cerebral hemodynamics. The morphological studies of the cervical vertebrae show the significant anatomical variability in different national groups [12–15]. The authors presented the results of studying individual vertebrae from the morphological collections of national educational institutions, which makes it possible to evaluate bone structures with the greatest accuracy and in depth, but without their association with clinical data. It should be noted that lifestyle changes the redistribution of functional load experienced by various segments of the spinal column, which inevitably influences human health and adaptive abilities [3]. The complex of clinical tasks resulting from the progressing degenerative and dystrophic changes in combination with the vascular bed variability has to be solved by specialists of various profiles [8].

This study complements the available data on assessing the size of the of the cervical spine structures using MRI [10, 11] and CT [2, 9, 16]. The results

Таблица 4. Отношение ширины поперечных отверстий к ширине тел позвонков
Table 4. The ratio of the transverse foramina width to the vertebral body width

Позвонок Vertebra	Статистический показатель Statistical indicator	1-я группа 1st group (n = 20)	2-я группа 2nd group (n = 89)	3-я группа 3rd group (n = 49)	4-я группа 4th group (n = 56)
C7	M ± m	0.20 ± 0.02	0.21 ± 0.03	0.21 ± 0.05	0.22 ± 0.04
	σ	0.03	0.04	0.06	0.06
	CV, %	13.83	20.10	28.15	26.41
C6	M ± m	0.25 ± 0.03	0.24 ± 0.04	0.23 ± 0.04	0.24 ± 0.04
	σ	0.04	0.05	0.06	0.06
	CV, %	17.00	22.68	24.97	25.40
C5	M ± m	0.26 ± 0.05	0.23 ± 0.03	0.23 ± 0.03	0.24 ± 0.03
	σ	0.06	0.03	0.04	0.04
	CV, %	22.32	14.39	18.93	16.61
C4	M ± m	0.27 ± 0.04	0.24 ± 0.03	0.25 ± 0.04	0.24 ± 0.03
	σ	0.05	0.03	0.05	0.05
	CV, %	16.95	13.20	20.60	19.93
C3	M ± m	0.28 ± 0.05	0.24 ± 0.03	0.25 ± 0.03	0.25 ± 0.03
	σ	0.07	0.04	0.04	0.04
	CV, %	25.01	17.23	15.06	17.15
C2	M ± m	0.29 ± 0.03	0.28 ± 0.04	0.28 ± 0.04	0.28 ± 0.04
	σ	0.04	0.05	0.05	0.05
	CV, %	11.98	17.40	16.01	17.47

чески значимые различия отмечены для позвонков C4–C6 при сравнении 1-й и 2-й группы ($p = 0.003–0.035$); для позвонков C4, C6 – при сравнении 1-й и 3-й группы ($p = 0.023–0.048$); для позвонков C5, C6 при сравнении 1-й и 4-й группы ($p = 0.011–0.049$). Средние значения коэффициентов во всех группах находились в диапазоне от 0.2 до 0.29.

ОБСУЖДЕНИЕ

Непрямолинейность хода позвоночных артерий, которая может быть связана как с аномалиями позвоночника [4, 9], так и с прогрессированием дегенеративно-дистрофических изменений [1, 6], остается актуальным вопросом для современной медицинской практики в связи с возможным влиянием на церебральную гемодинамику. Морфологические исследования шейных позвонков демонстрируют значительную анатомическую вариативность в различных национальных группах [12–15]. Авторы представили результаты изучения отдельных позвонков из морфологических коллекций национальных образовательных учреждений, что позволяет оценивать костные структуры с наибольшей точностью и детализацией, но при этом без их связи с клиническими данными. Следует отметить, что изменение образа жизни отражается на перераспределении функциональной

demonstrated by Nell et al. [17] were similar to ours which were obtained for the cervical vertebral bodies using CT data. The authors pointed to the larger sizes of the vertebral bodies of C6, C7. Remes et al. [18] evaluated the structure of the cervical spine in children and adults under the age of 39 years. The authors focused on the proportionality of vertebral growth, the dynamics of changes in the ratios of the width of the spinal canal based on the analysis of radiographs. Chazono et al. [16] studied ethnic differences in the morphometric characteristics of the cervical vertebrae analyzing literature data obtained with CT. The authors identified certain patterns in the proportional relationships of the sizes of the vertebral bodies and the highest values for the C6, C7 vertebrae. Tuncer et al. [2] studied a role of the anatomical variability of the transverse foramina when planning fixation surgeries based on CT data.

In our work, we tried to clarify data on the morphometry of vertebral bodies, transverse foramina in the absence and presence of signs of degenerative and dystrophic changes at the level of the cervical spine, considering differences in the course of the vessels. The results of the study showed the large sizes of the C6, C7 vertebral bodies, the larger width of the transverse foramina on the left side, statistically significant differences in morphometric characteristics for the studied parameters between the groups with degenerative and dystrophic changes,

нагрузки, испытываемой различными сегментами позвоночного столба, что неизбежно влияет на состояние здоровья и адаптационные способности человека [3]. Комплекс клинических задач, обусловленных прогрессированием дегенеративно-дистрофических изменений в сочетании с изменчивостью сосудистого русла, приходится решать специалистам различного профиля [8].

Настоящее исследование дополняет имеющиеся данные по оценке размеров структур шейного отдела позвоночника на основе МРТ [10, 11] и КТ [2, 9, 16]. С. Nell et al. [17] приводят близкие нашим результаты, которые были получены для тел шейных позвонков по данным КТ. Авторы отмечали большие размеры тел позвонков С6, С7. V.M. Remes et al. [18] оценили структуру шейного отдела позвоночника у детей и взрослых в возрасте до 39 лет. Авторы акцентировали внимание на пропорциональности роста позвонков, динамике изменений отношений ширины позвоночного канала на основе анализа рентгенограмм. М. Chazono et al. [16] изучили этнические различия морфометрических характеристик шейных позвонков по данным литературы, используя данные КТ. Авторы выявили закономерности в пропорциональных отношениях размеров тел позвонков и наибольшие значения для позвонков С6, С7. I. Tuncer et al. изучали значение анатомической вариативности поперечных отверстий при планировании стабилизирующих оперативных вмешательств на основании данных КТ [2].

В своей работе мы постарались уточнить сведения о морфометрии тел позвонков, поперечных отверстий при отсутствии и наличии признаков дегенеративно-дистрофических изменений на уровне шейного отдела позвоночника с учетом различий в характере хода сосудов. Результаты исследования продемонстрировали большие размеры тел позвонков С6, С7, большую ширину поперечных отверстий слева, статистически значимые различия морфометрических характеристик для изучаемых показателей между группами при развитии дегенеративно-дистрофических изменений и различном характере хода сосудов. Были выявлены статистически значимые различия для ширины тел позвонков С3, С6, С7, а также достоверные различия для ширины поперечных отверстий позвонков С4–С6 с большими значениями в случаях отсутствия значимых изменений шейного отдела позвоночника и меньшей шириной отверстий справа.

and different course of the vessels. Statistically significant differences were found for the width of the C3, C6, and C7 vertebral bodies, as well as significant differences for the width of transverse foramina of the C4–C6 vertebrae with the large values in the absence of significant changes in the cervical spine and a smaller foramen width on the right.

Statistically significant differences for the vertebral foramen width/ vertebral body size ratios were recorded for the C4–C6 vertebrae without signs of degenerative and dystrophic changes, but with different pattern of the artery course. Statistically significant differences were established for the C4, C6 vertebrae in cases of indirect course of vessels. Differences between the size ratios of the C5, C6 vertebrae were also significant when comparing the group without signs of degeneration in the cervical spine and the indirect course of vessels with the group, characterized by degenerative and dystrophic changes and the direct course of vessels.

Non-obvious statistically significant patterns in assessing the sizes of the cervical spine bone structures are important when searching for objective information for a biomechanical assessment of the functional load redistribution, identifying the areas most susceptible to change. The collection and analysis of morphometric characteristics of vertebrae can serve as a basis for evaluating the possibilities of minimally invasive and microsurgical interventions in neurosurgery [11].

CONCLUSION

In the diagnosis of degenerative and dystrophic changes in the cervical spine and the different course of the vessels at the cervical spine, significant differences were revealed only for the width of the vertebral bodies C6, C7. No statistically significant differences were found for the width of the vertebral bodies in groups which were notable for the vessel course pattern only. When comparing the results of the participants with the direct vertebral arteries in diagnosis of degenerative and dystrophic changes in the cervical spine, significant differences were determined for the width of the vertebral bodies C2, C3. In the absence of significant changes in the cervical spine, statistically significant differences were found for the width of transverse foramina of the C4–C6 vertebrae, and the ratio of their width to the width of corresponding vertebral bodies. In the direct course of the vessels, no statistically significant differences associated with the degenerative and dystrophic changes were revealed in the morphometric characteristics of the vertebral bodies and transverse foramina.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статистически значимые различия для пропорциональных отношений между шириной позвоночных отверстий и размером тел позвонков были отмечены для позвонков С4–С6 при отсутствии признаков дегенеративно-дистрофических изменений, но при различном характере хода сосудов. При непрямолинейном прохождении сосудов статистически значимые различия были установлены для позвонков С4, С6. Также значимыми оказались различия между отношениями размеров позвонков С5, С6 при сравнении группы без признаков изменений шейного отдела позвоночника и непрямолинейным ходом сосудов с группой с дегенеративно-дистрофическими изменениями и прямолинейным ходом сосудов.

Неявно выраженные статистически значимые закономерности при оценке размеров костных структур шейного отдела позвоночника важны при поиске объективных сведений для биомеханической оценки перераспределения функциональной нагрузки, выявления наиболее подверженных изменениям областей. Сбор и анализ морфометрических характеристик позвонков может служить основой для оценки возможностей применения малоинвазивных и микрохирургических оперативных вмешательств в нейрохирургии [11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов А.С., Терновой С.К., Серова Н.С. Возможности рентгеновских методов диагностики в оценке нестабильности позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника // Современные проблемы науки и образования. 2019;3:184.
2. Tuncer I., Alkan E. Morphometric study of cervical spinal canal and transverse foramen diameter using computed tomography: Sex difference and relationship to age in Turkish population // *Medicine (Baltimore)*. 2023;102(49):e36155. DOI: 10.1097/MD.00000000000036155.
3. Алексеенко С.Н., Костылев А.Н., Бондина В.М. и др. Распространенность раннего шейного остеохондроза у студентов в вузе и его влияние на адаптационные возможности организма // Кубанский научный медицинский вестник. 2019;26(1):36-44. DOI: 10.25207/1608-6228-2019-26-1-36-44.
4. Яхьяева С.А., Гарабова Н.И., Буржунова М.Г. Конкресценция шейных позвонков и неврологические осложнения // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2021;3:195-201. DOI: 10.33920/med-01-2103-03.
5. Гавриленко А.В., Николенко В.Н., Аль-Юсеф Н.Н. и др. Корреляция между морфологическими и биомеханическими особенностями и атеросклерозом сонных артерий // Наука и инновации в медицине. 2022;7(3):160-163. DOI: 10.35693/2500-1388-2022-7-3-160-163.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При диагностике дегенеративно-дистрофических изменений шейного отдела позвоночника и различном характере хода сосудов шейного отдела позвоночника достоверные различия были отмечены только для ширины тел позвонков С6, С7. Статистически значимых различий не было выявлено для ширины тел позвонков в группах, различающихся только характером хода сосудов. При сравнении результатов обследования участников с непрямолинейным ходом сосудов при определении дегенеративно-дистрофических изменений шейного отдела позвоночника определялись значимые различия для ширины тел позвонков С2, С3. В случаях отсутствия выраженных изменений шейного отдела позвоночника статистически достоверные различия установлены для ширины поперечных отверстий позвонков С4–С6 и их отношения к ширине тел позвонков. При прямолинейном ходе сосудов статистически значимых различий, связанных с выявлением дегенеративно-дистрофических изменений, в морфометрических характеристиках тел позвонков и поперечных отверстий отмечено не было.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Abramov A.S., Ternovoy S.K., Serova N.S. Possibilities of the methods of radiation diagnostics in the estimation of cervical spine vertebral-motor segment instability. *Modern Problems of Science and Education*. 2019;3:184. (In Russ.)
2. Tuncer I., Alkan E. Morphometric study of cervical spinal canal and transverse foramen diameter using computed tomography: Sex difference and relationship to age in Turkish population. *Medicine (Baltimore)*. 2023;102(49):e36155. DOI: 10.1097/MD.00000000000036155.
3. Alekseenko S.N., Kostylev A.N., Bondina V.M. et al. Prevalence of early cervical osteochondrosis in university students and its effect on the adaptive capabilities of the organism. *Kubanskii Nauchnyi Meditsinskii Vestnik*. 2019;26(1):36-44. DOI: 10.25207/1608-6228-2019-26-1-36-44. (In Russ.)
4. Yakhyayeva S.A., Garabova N.I., Burzhunova M.G. Concrescence of the cervical vertebrae and neurological complications. *Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery*. 2021;3:195-201. DOI: 10.33920/med-01-2103-03. (In Russ.)
5. Gavrilenko A.V., Nikolenko V.N., Al-Yusef N.N. et al. Correlation between morphological and biomechanical features and carotid atherosclerosis. *Science and Innovations in Medicine*. 2022;7(3):160-163. DOI: 10.35693/2500-1388-2022-7-3-160-163. (In Russ.)

6. Николенко В.Н., Фомкина О.А., Гладиллин Ю.А. Анатомия внутричерепных артерий вертебробазилярной системы. М.: Первый Сеченовский Университет, 2014. 108 с.
7. Николенко В.Н., Фомкина О.А. Деформационно-прочностные параметры артерий головного мозга во II периоде зрелого возраста // Сеченовский вестник. 2019;10(1):41-46. DOI: 10.26442/22187332.2019.1.41-46.
8. Демьянова Л.М., Гуркина О.В. Остеохондроз шейного отдела позвоночника: основы профилактики и лечения // Аллея науки. 2018; 5(5(21)):334-338.
9. Tuncel Çini N., Nalla S., Mata-Escolano F. et al. Double transverse foramina – an anatomical basis for possible vertebrobasilar insufficiency risk and vertebral artery injury // *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(19):3029. DOI: 10.3390/diagnostics13193029.
10. Omami G. Foramen transversarium enlargement caused by vertebral artery tortuosity: Diagnosis with cone-beam computed tomography and magnetic resonance angiography // *Imag. Sci. Dent.* 2021;51(3):329-332. DOI: 10.5624/isd.20210003.
11. Shkarubo A.N., Nikolenko V.N., Chernov I.V. et al. Anatomical aspects of the transnasal endoscopic access to the craniovertebral junction // *World Neurosurgery*. 2020;133:e293-e302. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.09.011.
12. Chaityamoon A., Yannasithinon S., Sae-Jung S. et al. Anatomical variation and morphometric study on foramen transversarium of the upper cervical vertebrae in the Thai population // *Asian Spine J.* 2021;15(5):557-565. DOI: 10.31616/asj.2020.0406.
13. Zaw A.K., Olojede S.O., Lawal S.K. et al. Preliminary study on foramen transversarium of typical cervical vertebrae in KwaZulu-Natal population: age and gender related changes // *Transl. Res. Anat.* 2020;22:100099. DOI: 10.1016/j.tria.2020.100099.
14. Ulusoy M., Bolatli G., Acar S., Zararsiz I. Anatomical variations in foramen transversarium // *EJMI*. 2020;4(3):312-314. DOI: 10.14744/ejmi.2019.15468.
15. Akbulut Y., Karaka Ş., Tanir A.B. et al. Morphometric analysis and incidence of accessory foramen transversarium in a population in Eastern Turkey // *Int. J. Med. Sci. Clin. Res. Stud.* 2023;3(9):2075-2079. DOI: 10.47191/ijmscrs/v3-i9-48.
16. Chazono M., Tanaka T., Kumagae Y. et al. Ethnic differences in pedicle and bony spinal canal dimensions calculated from computed tomography of the cervical spine: A review of the English-language literature // *Eur. Spine J.* 2012;21(8):1451-1458. DOI: 10.1007/s00586-012-2295-y.
17. Nell C., Bülow R., Hosten N. et al. Reference values for the cervical spinal canal and the vertebral bodies by MRI in a general population // *PLoS One*. 2019;14(9):e0222682. DOI: 10.1371/journal.pone.0222682.
18. Remes V.M., Heinänen M.T., Kinnunen J.S., Marttinen E.J. Reference values for radiological evaluation of cervical vertebral body shape and spinal canal // *Pediatr. Radiol.* 2000;30(3):190-195. DOI: 10.1007/s002470050044.
6. Nikolenko V.N., Fomkina O.A., Gladilin Yu.A. (2014). *The Anatomy of Intracranial Arteries of the Vertebrobasilar System*. Moscow: First Sechenov University. 108 p. (In Russ.)
7. Nikolenko V.N., Fomkina O.A. Deformation-strength parameters of arteries of the brain in the II period of mature age. *Sechenov Medical Journal*. 2019;10(1):41-46. DOI:10.26442/22187332.2019.1.41-46. (In Russ.)
8. Demyanova L.M., Gurkina O.V. Osteochondrosis of the cervical spine: Fundamentals of prevention and treatment. *Alley of Science*. 2018; 5(5(21)):334-338. (In Russ.)
9. Tuncel Çini N., Nalla S., Mata-Escolano F. et al. Double transverse foramina – an anatomical basis for possible vertebrobasilar insufficiency risk and vertebral artery injury. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(19):3029. DOI: 10.3390/diagnostics13193029.
10. Omami G. Foramen transversarium enlargement caused by vertebral artery tortuosity: Diagnosis with cone-beam computed tomography and magnetic resonance angiography. *Imag. Sci. Dent.* 2021;51(3):329-332. DOI: 10.5624/isd.20210003.
11. Shkarubo A.N., Nikolenko V.N., Chernov I.V. et al. Anatomical aspects of the transnasal endoscopic access to the craniovertebral junction. *World Neurosurgery*. 2020;133:e293-e302. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.09.011.
12. Chaityamoon A., Yannasithinon S., Sae-Jung S. et al. Anatomical variation and morphometric study on foramen transversarium of the upper cervical vertebrae in the Thai population. *Asian Spine J.* 2021;15(5): 557-565. DOI: 10.31616/asj.2020.0406.
13. Zaw A.K., Olojede S.O., Lawal S.K. et al. Preliminary study on foramen transversarium of typical cervical vertebrae in KwaZulu-Natal population: age and gender related changes. *Transl. Res. Anat.* 2020;22:100099. DOI: 10.1016/j.tria.2020.100099.
14. Ulusoy M., Bolatli G., Acar S., Zararsiz I. Anatomical variations in foramen transversarium. *EJMI*. 2020;4(3):312-314. DOI: 10.14744/ejmi.2019.15468.
15. Akbulut Y., Karaka Ş., Tanir A.B. et al. Morphometric analysis and incidence of accessory foramen transversarium in a population in Eastern Turkey. *Int. J. Med. Sci. Clin. Res. Stud.* 2023;3(9):2075-2079. DOI: 10.47191/ijmscrs/v3-i9-48.
16. Chazono M., Tanaka T., Kumagae Y. et al. Ethnic differences in pedicle and bony spinal canal dimensions calculated from computed tomography of the cervical spine: A review of the English-language literature. *Eur. Spine J.* 2012;21(8):1451-1458. DOI: 10.1007/s00586-012-2295-y.
17. Nell C., Bülow R., Hosten N. et al. Reference values for the cervical spinal canal and the vertebral bodies by MRI in a general population. *PLoS One*. 2019;14(9):e0222682. DOI: 10.1371/journal.pone.0222682.
18. Remes V.M., Heinänen M.T., Kinnunen J.S., Marttinen E.J. Reference values for radiological evaluation of cervical vertebral body shape and spinal canal. *Pediatr. Radiol.* 2000;30(3):190-195. DOI: 10.1007/s0024700500441111.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Мошкин Андрей Сергеевич – канд. мед. наук, доцент кафедры анатомии, оперативной хирургии и медицины катастроф ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», Орел, Россия. ORCID: 0000-0003-2085-0718.

Николенко Владимир Николаевич – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии и гистологии человека ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России; заведующий кафедрой нормальной и топографической анатомии ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Москва, Россия. ORCID: 0000-0001-9532-9957.

Халилов Максуд Абдуразакович – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии, оперативной хирургии и медицины катастроф ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», Орел, Россия. ORCID: 0000-0003-3529-0557.

ABOUT THE AUTHORS

Andrey S. Moshkin – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Anatomy, Operative Surgery and Disaster Medicine, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia. ORCID: 0000-0003-2085-0718.

Vladimir N. Nikolenko – Dr. Sci. (Med.), Professor, Head, Department of Human Anatomy and Histology, Sechenov University; Head, Department of Normal and Topographic Anatomy, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. ORCID: 0000-0001-9532-9957.

Maksud A. Khalilov – Dr. Sci. (Med.), Professor, Head, Department of Anatomy, Operative Surgery and Disaster Medicine, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia. ORCID: 0000-0003-3529-0557.