

ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АНАТОМИИ ПОЗВОНОЧНОГО СТОЛБА

О. А. Аксенова, Е. В. Чаплыгина, М. В. Бабаев, С. В. Орлова,
Т. М. Сикоренко, О. С. Самохина
ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет»
Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Россия

В настоящее время большой интерес у широкого круга ученых вызывают анатомические исследования позвоночного столба, позволяющие расширить и уточнить базы морфометрических параметров позвоночника. Появление высокотехнологичных методов лучевой диагностики, таких как компьютерная томография, магниторезонансная томография, дает новые широкие возможности прижизненного изучения морфологии позвоночного столба человека в норме и при патологии.

Ключевые слова: позвоночный столб, анатомия, лучевые методы исследования

© O. A. Aksenova, E. V. Chaplygina, M. V. Babaev, S. V. Orlova, T. M. Sikorenko, O. S. Samokhina, 2017
Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia
Possibilities and Prospects of Using Radiation Diagnostic Methods in Studying the Anatomy of the Vertebral Column

Nowadays a great interest of a wide range of scientists is attracted by the anatomic researches of a vertebral column allowing to dilate and specify morphometric bases of a backbone. Emergence of hi-tech methods of radio-diagnosis, such as computer tomography, magnetic resonance tomography, gives new ample opportunities of intravital studying of morphology of a spine column of the person normal and at pathology.

Key words: vertebral column, anatomy, radial methods of investigation.

Анатомические исследования позвоночного столба в настоящее время вызывают интерес у широкого круга ученых – анатомов, антропологов, клиницистов, специалистов по лучевой диагностике. Появление высокотехнологичных методов лучевых исследований, таких как МРТ, КТ наряду с традиционной рентгенографией позволяет визуализировать анатомическое строение различных отделов позвоночного столба, определять морфометрические характеристики, оценивать их изменения при патологии [20], а также диктуют необходимость более детального изучения, углубленного знания вариантов и аномалий развития, анатомии и биомеханики позвоночника [7, 29].

Система трехмерного моделирования и возможность объемной печати эргономических прототипов анатомических объектов требуют от фундаментальной науки топографо-анатомической, метрической точности и детализации результатов исследований, выявления закономерностей изменчивости в аспекте территориальных, возрастных и билатеральных особенностей [2, 6, 18, 25]. Создание в регионах возрастных нормативных баз данных морфометрических параметров анатомических структур приобретает базисное значение для интерпретации результатов компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ), ультразвуковых исследований (УЗИ), решения вопросов,

касающихся разработки принципиально новых оперативно-технических приемов [13, 26].

По мнению Т. Н. Трофимовой с соавт. (2005), анализировать изображения позвоночника удобно в следующем порядке [22]: 1) оценка позвоночного столба; 2) изучение формы и структуры каждого позвонка; 3) анализ элементов движения – межпозвоночных дисков и суставов; 4) характеристика позвоночного канала и межпозвоночных отверстий; 5) оценка паравертебральных мягких тканей.

Позвоночный столб в целом анализируют по двум взаимно перпендикулярным спондилограммам, совокупности МР-томограмм в сагиттальной и фронтальной плоскостях или реконструкциям КТ-изображений в сагиттальной или фронтальной плоскостях. К вспомогательным методам исследования можно отнести эхоспондилографию (УЗИ) позвоночного столба [22].

Рентгенография позвоночника (стандартная спондилография). Этот метод относится к основным и базовым методам обследования и проводится в переднезадней и в боковой проекциях. При помощи рентгенографии можно оценить общее состояние позвонков, определить наличие деформаций позвонков и межпозвонковых дисков, вычислить их размеры. Также данный метод позволяет определить патологию позвоночного канала, оценить его размеры и вычислить сте-

пень зрелости (созревания) скелета. Кроме обычной рентгенограммы, используются и контрастные рентгеновские исследования по особым показателям. К этим исследованиям относятся пневмомиеелография, ангиография, миелография, дискография, эпидурография [10, 23, 24, 33].

Функциональная рентгенография позвоночника. Проводится также в двух проекциях, однако, в отличие от предыдущего метода, при максимальном движении (боковые наклоны, сгибание вперед и разгибание назад). Этот метод позволяет определить функциональные возможности позвоночника, объем движений в суставах, а также установить возможные нарушения динамической функции позвоночного столба при дегенеративно-дистрофических заболеваниях [5, 6, 11, 16, 23].

Компьютерная томография (КТ). Данный метод диагностики является классическим методом исследования состояния позвоночного столба и часто применяется после обзорной рентгенографии, позволяя быстро и одновременно исследовать большие объемы тканей, дает четкую информацию не только о состоянии костей, но и о параоссальных тканях и органах, в том числе и о сосудах, если перед проведением КТ внутривенно ввести контрастный препарат. Также метод позволяет определить состояние тел позвонков, их отростков, межпозвонковых дисков, состояние позвоночного канала. Чаще всего при помощи данного метода исследуют небольшое количество позвонков (до 5). При необходимости визуализации всего позвоночного столба чаще используют МРТ [10, 17, 23, 24, 31, 34].

Магнитно-резонансная томография (МРТ). Данный метод является одной из разновидностей компьютерной диагностики позвоночника. При помощи него врач определяет состояние межпозвонковых дисков, спинного мозга, его оболочек, а также самих позвонков. МРТ позволяет выявить патологию на максимально ранних стадиях и предотвратить, таким образом, возможные осложнения [10, 12, 17, 23, 32]. В частности, МРТ дает возможность определить не только локализацию выпячивания межпозвонкового диска, но и его размер, и распространенность, а также дегенеративные изменения [21]. Магнитно-резонансная томография привлекает внимание морфологов в качестве метода анатомического исследования, поскольку по своему методическому подходу она соответствует предложенному Н. И. Пироговым методу распилов замороженных трупов в различных плоскостях, а также визуализирует анатомические структуры у живых лиц, что в отличие от метода Н. И. Пирогова дает прижизненную информацию об анатомии внутренних органов [9]. Получаемые сведения имеют не только теоретическое значение для анатомии, но и

значимы для клинической медицины, поскольку позволяют проводить исследование с учетом индивидуальной, типовой и возрастной изменчивости [13, 23].

Эхоспондилография. Следует отметить, что ультразвуковому исследованию доступно ограниченное количество анатомических объектов и патологических состояний костно-суставной системы, что обусловлено существенными различиями условий звукопроводения (акустического импеданса) в тканях, образующих костно-суставную систему. УЗИ позвоночника применяется в основном при внутриутробной диагностике для выявления пороков развития. Также метод позволяет выявить патологию в позвоночном канале у взрослого человека. Учитывая доступность и безопасность метода для пациента, весьма актуальным является УЗИ дегенеративно-дистрофических изменений поясничного отдела позвоночника у детей [2, 10, 15, 23].

Исследования, направленные на изучение анатомо-топографических, анатомо-функциональных, анатомо-биохимических характеристик позвоночного столба продолжают и в настоящее время [3, 4, 20, 28, 30].

С позиций анатомии человека и биомеханики известно, что суставные поверхности смежных позвонков, межпозвоночный диск, связочный аппарат, околопозвоночные мышцы и дугоотростчатые суставы образуют так называемый «трехсуставной комплекс» или позвоночно-двигательный сегмент (ПДС) [26, 34]. По данным И. М. Данилова (2010), термин ввел в практику немецкий профессор Юнганс в 30-е годы XX столетия [11].

Изучение нормальной анатомии ПДС по данным КТ и МРТ может служить основой для более точной оценки нормального строения и патологических изменений элементов ПДС, в частности, дугоотростчатых суставов поясничного отдела позвоночного столба [20, 26]. Авторы предлагают выполнять измерения спондилометрических характеристик дугоотростчатых суставов с измерением радиуса кривизны выпуклых (вогнутых) суставных отростков.

Стандартная рентгенография в двух проекциях позволяет определять величину межостистых и междуговых промежутков, оценивая тем самым степень искривления позвоночного столба. Следует отметить, что в здоровом позвоночнике выраженных искривлений во фронтальной плоскости нет, а в сагиттальной – существуют плавные изгибы дугообразные изгибы кпереди (лордоз) и кзади (кифоз). Лордозированными являются шейный и поясничный, а кифозированными – грудной и крестцовый отделы позвоночника. Угловые показатели амплитуды движений в ПДС зависят от величины пластин дуг, поэтому у высоких людей эти показатели меньше, чем у низкорослых [22, 23, 24].

По данным Д. И. Анисимова (2013), значительные корреляционные взаимоотношения продольного диаметра позвонка с длиной позвоночника и определяют устойчивость ПДС в грудном отделе. Взаимосвязь поперечного диаметра позвонка с длиной позвоночного столба в поясничном отделе обуславливает, с одной стороны, подвижность, с другой стороны, стабильность за счет увеличения массивности позвонка при действии большей нагрузки [3]. Размеры поперечных отверстий характеризуются значительной возрастностно-половой и топографической изменчивостью. У C_{I-II} отверстия в поперечных отростках имеют овальную форму, ориентированную в косом направлении под углом 35–50° к сагиттальной плоскости, открытым кпереди; на уровне C_{III-IV} – форму овала, ориентированного фронтально; средние размеры диаметров отверстий C_V и C_{VI} сближаются, форма отверстий приближается к округлой; у C_{VII} отверстия ориентированы в косом направлении под углом 60–80° к сагиттальной оси, открытым кзади [3].

Важнейшим элементом ПДС является межпозвонковый диск. К сожалению, прижизненное изучение анатомии и функции межпозвонковых дисков (МПД) остается недостаточным. Деструктивные изменения МПД являются одной из причин развития вертеброгенного болевого синдрома. В настоящее время для исследования МПД наиболее информативным методом является магнитно-резонансная томография [21, 23]. Суждение о состоянии МПД основывается на оценке совокупности признаков, к которым относятся высота дисков, интенсивность сигнала, границы фиброзного кольца, дифференцировка пульпозного ядра и фиброзного кольца [14]. На практике достаточно часто можно наблюдать субпатологические изменения физиологических искривлений позвоночного столба, в основе механизмов которых лежит элементарнейшее уменьшение или увеличение высоты межпозвонковых дисков. При этом, вызывает интерес томографическое исследование последних при патологическом кифозировании. У ряда пациентов причиной рентгенологического уменьшения межпозвонкового пространства является не абсолютное снижение высоты дисков, а более выраженные, чем обычно, но не патологические углубления на краниальной и каудальной поверхностях corpus vertebrae [1].

Представляют интерес ряд научных работ, посвященных изучению анатомо-топографических особенностей позвоночника в целях оптимизации хирургических методов лечения [8, 27]. В связи с появлением современных корригирующе-стабилизирующих устройств и расширения показаний для оперативного исправления деформаций позвоночного столба возникла необходимость тща-

тельного планирования не только хирургических доступов – этапов вмешательства, но и определения типа имплантируемых металлоконструкций с учетом анатомо-топографических и биомеханических особенностей различных отделов позвоночника. При использовании различных методик стабилизации позвоночника (остеосинтеза, вертебропластики) по данным КТ, разработана конечно-элементная модель фрагмента позвоночного столба, позволяющая изучить напряженно-деформированное состояние позвонков [8].

Заключение

В заключение отметим, что анатомия с появлением и распространением новых лучевых методов исследования, таких как компьютерная томография, магниторезонансная томография, получила новые широкие возможности прижизненного изучения морфологии позвоночного столба человека в норме и при патологии.

Список литературы

1. Акишулаков С. К., Керимбаев Т. Т., Алейников В. Г., и др. Современные проблемы хирургического лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника. Нейрохирургия и неврология Казахстана. 2013; 30 (1): 7–16.
2. Андреева И. В., Виноградов А. А. Перспективы использования современных методов визуализации в морфологических и экспериментальных исследованиях. *Eruditio Juvenium*. 2015; 4: 56–68.
3. Анисимов Д. И. Корреляции размеров позвоночного столба, его отделов и отдельных позвонков взрослых людей. Известия высших учебных заведений Поволжский регион. Медицинские науки. 2013; 1: 5–10.
4. Анисимова Е. А., Емжуев О. Л., Анисимов Д. И., и др. Сравнительный анализ морфометрических параметров структур поясничного отдела позвоночного столба в норме и при дегенеративно-дистрофических изменениях. Саратовский научно-медицинский журнал. 2015; 11 (4): 515–520.
5. Бабаев М. В., Волков Г. П., Сикилинда В. Д., и др. Рентгенодиагностика остеохондроза. Ростов на Дону: Изд-во РостГМУ; 2014. 84.
6. Бабаев М. В., Харламов Е. В., Хоронько В. В. Сравнительный анализ рентгенограмметрических параметров грудного отдела позвоночника в норме и при остеохондрозе в зависимости от соматотипа. Медицинский вестник Юга России. 2010; 1: 54–57.
7. Бабкина Т. А., Савелло В. Е. Рентгенография и компьютерная томография в оценке эффективности стабилизации позвоночника у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудной и поясничной локализации. Радиология – практика. 2013; 4: 6–14.
8. Бублик Л. А., Лихолетов А. Н. Экспериментальное биомеханическое обоснование транс-

- педикулярного спондилодеза с вертебропластикой на основе изучения конечно-элементной модели фрагмента позвоночного столба. Травма. 2014; 15 (1): 66–73.
9. Бузина А. М., Фатеев И. Н. Топографо-анатомические взаимоотношения, выявляемые при анализе магнитно-резонансных томограмм печени в норме. Современные проблемы науки и образования. 2015; 3: 87–90.
 10. Гринь А. А., Григорьева Е. В. Лучевая диагностика позвоночно-спинномозговой травмы. Часть 2. Нейрохирургия. 2013; 1: 7–21.
 11. Данилов И. М. Остеохондроз для профессионального пациента. Минск: Аллатра; 2012. 416.
 12. Злыгорева Е. С. МРТ диагностика компрессионных переломов грудного отдела позвоночника. Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2014; 4 (11). 1225–1229.
 13. Казан И. И. Современные аспекты клинической анатомии. Оренбург. 2012. 108.
 14. Комлева Н. Е., Спиринов В. Ф., Бакуткин В. В., и др. Совокупность признаков для оценки состояния межпозвоночных дисков. Фундаментальные исследования. 2012; 4-2: 288–290.
 15. Маммадов И. Г. Лучевые методы диагностики дегенеративно-дистрофических изменений поясничного отдела позвоночника. Международный медицинский журнал. 2012; 1: 114–118.
 16. Масловский Е. А., Власова С. В., Яковлев А. Н. Биомеханические подходы в профилактике нерациональной «эксплуатации» позвоночного столба. Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2013; 4: 88–94.
 17. Меллер Т. Б., Райф Э. Норма при КТ и МРТ исследованиях. М.: Медпресс-информ; 2008. 256.
 18. Попов А. Н., Анисимова Е. А., Анисимов Д. И., и др. Морфометрические характеристики костей предплечья субъектов детского, подросткового и юношеского возраста. Саратовский научно-медицинский журнал. 2015; 11 (3): 249–254.
 19. Смирнов В. В., Елисеев Н. П., Беляков В. В., Савцова М. В. Лучевая диагностика в определении показаний и противопоказаний к мануальной терапии и остеопатии. Мануальная терапия. 2013; 2: 87–105.
 20. Соболевский Б. М., Краюшкин А. И., Лютая Е. Д. Спондилометрические параметры позвоночно-двигательных сегментов поясничного отдела позвоночного столба по данным лучевых методов исследования. Вестник ВолгГМУ. 2012; 4: 62–65.
 21. Томина К. А., Злыгорева Е. С. Преимущества МРТ диагностики компрессионных переломов грудного отдела позвоночника. Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2015. №5.
 22. Трофимова Т. Н., Ананьева Н. И., Шарова Л. Е., и др. Лучевая анатомия человека; под общ. ред. Т.Н. Трофимовой. СПб.: Издательский дом СПбМАПО; 2005. 496.
 23. Труфанов Г. Е., Фокин В. А., Иванов Д. О., и др. Особенности применения методов лучевой диагностики в педиатрической практике. Вестник современной клинической медицины. 2013; 6 (6): 48–54.
 24. Ульрих Э. В., Мушкин А. Ю. Вертебрология. СПб.: ЭЛБИ-СПб; 2004. 189.
 25. Чаплыгина Е. В., Каплунова О. А., Домбровский В. И., и др. Морфофункциональная характеристика аномалии Киммерле. Морфология. 2015. 147 (3): 27–31.
 26. Щедренко В. В., Зуев И. В., Могучая О. В. Технология хирургической реабилитации при травме и заболеваниях позвоночника. Полевые чтения. 2015; 68–71.
 27. 28Arif H., Kosnan M. S. E., Jusoff K., et al. Finite element analysis of conceptual lumbar spine for different lifting position. World applied sciences journal. 2013; 21: 68–75.
 28. 29Fleming A., Kishida M. G., Kimmel C. B., Keynes R. J. Building the backbone: the development and evolution of vertebral patterning. The Company of Biologists Ltd. Development. 2015; 142; 1733–1744.
 29. 30Lotfinia I., Sayahmelli S., Gavani M. Postoperative computed tomography assessment of pedicle screw placement accuracy. Turk. Neurosurg. 2010; 20 (4): 500–507.
 30. 31Rasoulia A., Rohling R., Abolmaesumi P. Lumbar spine segmentation using a statistical multivertebrae anatomical shape+pose model. IEEE Transactions on Medical Imaging. 2013; 32 (10): 1890–1900.
 31. 27Roy A. K., Miller B. A., Holland C. M., et al. Magnetic resonance imaging of traumatic injury to the craniovertebral junction: a case-based review. Journal of neurosurgery. 2015; 38 (4): 1–7.
 32. Sun H. Y., Lee J. W., Parks K. S., et al. Spine MR imaging features of subacute combined degeneration patients. European Spine Journal. 2014; 23 (5): 1052–1058.
 33. Turner J. D., Akbarnia B. A., Eastlack R. K., et al. Radiographic outcomes of anterior column realignment for adult sagittal plane deformity: a multicenter analysis. European Spine Journal. 2015. 24 (3): 427–432.
 34. Varlotta G. P., Lefkowitz T. R., Schweitzer M., et al. The lumbar facet joint: a review of current knowledge: part 1: anatomy, biomechanics, and grading. Skeletal Radiol. 2011; 40 (1): 13–23.

References

1. Akshulakov S. K., Kerimbaev T. T., Aleynikov V. G., et al. Sovremennye problemy khirurgicheskogo lecheniya degenerativno-distroficheskikh zabolevaniy pozvonochnika [Modern problems of surgical treatment of degenerative-dystrophic diseases of the spine]. Neurosurgery and Neurology of Kazakhstan. 2013; 1: 7–16 (in Russian).
2. Andreeva I. V., Vinogradov A. A. Perspektivy ispol'zovaniya sovremennykh metodov vizualizatsii v morfologicheskikh i eksperimental'nykh issledovaniyakh [Perspectives of modern imaging techniques in morphological and experimental studies]. Eruditio Juvenium. 2015; 4: 56–68 (in Russian).
3. Anisimov D. I. Korrelyatsii razmerov pozvonochnogo stolba, ego otdelov i otdel'nykh pozvonkov vzroslykh lyudey [Correlations between spinal column size and separate vertebra in adults]. University proceedings. Volga region. Medical sciences. 2013; 1: 5–10 (in Russian).
4. Anisimova E. A., Emkuzhev O. L., Anisimov D. I., et al. Sravnitel'nyy analiz morfotopometricheskikh parametrov struktur poynasichnogo otdela pozvonochnogo stolba v norme i pri degenerativno-distroficheskikh izmeneniyakh [Comparative analysis of morphological and topometric parameters of lumbar spine in normal state and in degenerative-dystrophic changes]. Saratovskij nauchno-

- meditsinskij zhurnal. 2015; 11 (4): 515–520 (in Russian).
5. Babaev M. V., Volkov G. P., Sikilinda V. D., et al. Rentgenodiagnostika osteokhondroza [X-ray diagnosis of osteochondrosis.]. Rostov on Don: RostGMU; 2014. 84 (in Russian).
 6. Babaev M. V., Kharlamov E. V., Khoron'ko V. V. Sravnitel'nyy analiz rentgenogrammetricheskikh parametrov grudnogo otdela pozvonochnika v norme i pri osteokhondroze v zavisimosti ot somatotipa [The comparative analysis of rentgenogrammetric parameters of chest department of a columna vertebralis in norm and at an osteochondrosis depending on somatotype]. Meditsinskij vestnik Yuga Rossii. 2010; 1: 54–57 (in Russian).
 7. Babkina T. A., Savello V. E. Rentgenografiya i komp'yuternaya tomografiya v otsenke effektivnosti stabilizatsii pozvonochnika u patsientov s pozvonочно-spinnomozgovoy travmoy grudnoy i poyasnichnoy lokalizatsii [Significance of conventional radiography and computed tomography for assessment of postoperative spine stability in patients with thoraco-lumbar spinal trauma]. Radiology – Practice. 2013; 4: 6–14 (in Russian).
 8. Bublik L. A., Likholetoy A. N. Eksperimental'noe biomekhanicheskoe obosnovanie transpedikulyarnogo spondilodeza s vertebroplastikoy na osnove izucheniya konechno-elementnoy modeli fragmenta pozvonochnogo stolba [Experimental Biomechanical Rationale for Transpedicular Spondylosynthesis with Vertebroplasty Based on a Study of Finite Element Model of Vertebral Column Fragment]. Trauma. 2014; 15 (1): 66–73 (in Russian).
 9. Buzina A. M., Fateev I. N. Topografo-anatomicheskie vzaimootnosheniya, vyyavlyayemye pri analize magnitno-rezonansnykh tomogramm pecheni v norme [Topographic-anatomical relationships revealed in the analysis of magnetic resonance images of the normal liver]. Modern problems of science and education. 2015; 3: 87–90 (in Russian).
 10. Grin' A. A., Grigor'eva E. V. Luchevaya diagnostika pozvonочно-spinnomozgovoy travmy. Chast' 2 [The radiology diagnostics of vertebral and spinal trauma. Part 2]. The Russian Journal of Neurosurgery. 2013; 1: 7–21 (in Russian).
 11. Danilov I. M. Osteokhondroz dlya professional'nogo patsienta [Osteochondrosis for a professional patient]. Minsk: Allatra; 2012. 416.
 12. Zlygoreva E. S. MRT diagnostika kompressionnykh perelomov grudnogo otdela pozvonochnika [MRI diagnosis of compression fractures of the thoracic spine]. Bülleten' meditsinskih internet-konferencij. 2014; 4 (11). 1225–1229 (in Russian).
 13. Kagan I. I. Sovremennye aspekty klinicheskoy anatomii [Modern aspects of clinical anatomy]. Orenburg. 2012. 108 (in Russian).
 14. Komleva N. E., Spirin V. F., Bakutkin V. V., et al. Sovokupnost' priznakov dlya otsenki sostoyaniya mezhpozvonkovykh diskov [Set of features for the assessment of intervertebral disc]. Fundamental research. 2012; 4-2: 288–290 (in Russian).
 15. Mammadov I. G. Luchevye metody diagnostiki degenerativno-distroficheskikh izmeneniy poyasnichnogo otdela pozvonochnika [Radiation diagnosis of degenerative-dystrophic changes in the lumbar spine]. International Medical Journal. 2012; 1: 114–118 (in Russian).
 16. Maslovskiy E. A., Vlasova S. V., Yakovlev A. N. Biomekhanicheskie podkhody v profilaktike neratsional'noy «ekspluatatsii» pozvonochnogo stolba [Biomechanical approaches to prevention of nonrational "exploitation" of spine]. Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. 2013; 4: 88–94 (in Russian).
 17. Meller T. B., Rayf E. Norma pri KT i MRT issledovaniyakh [Norma at CT and MRI research]. Moscow: Medpress-inform; 2008. 256 (in Russian).
 18. Popov A. N., Anisimova E. A., Anisimov D. I., et al. Morfometricheskie kharakteristiki kostey predplech'ya sub"ektov detskogo, podrostkovogo i yunosheskogo vozrasta [Morphometric characteristics of the forearm bones in subjects of childhood, adolescence and early adulthood]. Saratovskij nauchno-meditsinskij zhurnal. 2015; 11 (3): 249–254 (in Russian).
 19. Smirnov V. V., Eliseev N. P., Belyakov V. V., Savvova M. V. Luchevaya diagnostika v opredelenii pokazaniy i protivopokazaniy k manual'noy terapii i osteopatii [Radiodiagnosis in the determination of indications and contraindications to manual therapy and osteopathy]. The Manual Therapy Journal. 2013; 2: 87–105 (in Russian).
 20. Sobolevskiy B. M., Krayushkin A. I., Lyutaya E. D. Spondilometricheskie parametry pozvonочно-dvigatel'nykh segmentov poyasnichnogo otdela pozvonochnogo stolba po dannym luchevykh metodov issledovaniya [Spondylometric parameters of lumbar spine motion segments according to radiological study]. Journal of Volgograd State Medical University. 2012; 4: 62–65 (in Russian).
 21. Tomina K. A., Zlygoreva E. S. Preimushchestva MRT diagnostiki kompressionnykh perelomov grudnogo otdela pozvonochnika [Advantages of MRI diagnosis of compression fractures of the thoracic spine]. Bülleten' meditsinskih internet-konferencij. 2015; 5 (5): 325 (in Russian).
 22. Trofimova T. N., Anan'eva N. I., Sharova L. E., et al. Luchevaya anatomiya cheloveka; pod obshch. red. T.N. Trofimovoy [Radial human anatomy; under the edit. of T. N. Trofimova]. Saint-Petersburg: SPbMAPO; 2005. 496 (in Russian).
 23. Trufanov G. E., Fokin V. A., Ivanov D. O., et al. Osobennosti primeneniya metodov luchevoy diagnostiki v pediatricheskoy praktike [Peculiarity of methods' application of imaging modalities used in pediatric practice]. Vestnik Sovremennoi Klinicheskoi Mediciny. 2013; 6 (6): 48–54 (in Russian).
 24. Ul'rikh E. V., Mushkin A. Yu. Vertebrologiya [Vertebrology]. Saint-Petersburg: ELBI-SPb; 2004. 189 (in Russian).
 25. Chaplygina E. V., Kaplunova O. A., Dombrovskiy V. I., et al. Morfofunktsional'naya kharakteristika anomalii Kimmerle [Morpho-functional characteristics of Kimmerle anomaly]. Morfologiya. 2015. 147 (3): 27–31 (in Russian).
 26. Shchedrenok V. V., Zuev I. V., Moguchaya O. V. Tekhnologiya khirurgicheskoy reabilitatsii pri travme i zabolevaniyakh pozvonochnika [The technology of surgical rehabilitation for trauma and diseases of the spine]. Polenovskie chteniya. 2015; 68–71 (in Russian).
 27. Roy A. K., Miller B. A., Holland C. M., et al. Magnetic resonance imaging of traumatic injury to the craniovertebral junction: a case-based review. Journal of neurosurgery. 2015; 38 (4): 1–7.
 28. Arif H., Kosnan M. S. E., Jusoff K., et al. Finite element analysis of conceptual lumbar spine for different lifting position. World applied sciences journal. 2013; 21: 68–75.

29. Fleming A., Kishida M. G., Kimmel C. B., Keynes R. J. Building the backbone: the development and evolution of vertebral patterning. *The Company of Biologists Ltd. Development*. 2015; 142; 1733–1744.
30. Lotfinia I., Sayahmelli S., Gavani M. Postoperative computed tomography assessment of pedicle screw placement accuracy. *Turk. Neurosurg*. 2010; 20 (4): 500–507.
31. Rasoulian A, Rohling R, Abolmaesumi P. Lumbar spine segmentation using a statistical multi-vertebrae anatomical shape+pose model. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 2013; 32 (10): 1890–1900.
32. Sun H. Y., Lee J. W., Parks K. S., et al. Spine MR imaging features of subacute combined degeneration patients. *European Spine Journal*. 2014; 23 (5): 1052–1058.
33. Turner J.D., Akbarnia B.A., Eastlack R.K., et al. Radiographic outcomes of anterior column realignment for adult sagittal plane deformity: a multicenter analysis. *European Spine Journal*. 2015. 24 (3): 427–432.
34. Varlotta G. P., Lefkowitz T. R., Schweitzer M., et al. The lumbar facet joint: a review of current knowledge: part 1: anatomy, biomechanics, and grading. *Skeletal Radiol*. 2011; 40 (1): 13–23.

Сведения об авторах

Аксенова Ольга Александровна – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры нормальной анатомии ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России. 344022, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29. E-mail: olgamed18.06@mail.ru

Чаплыгина Елена Викторовна – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой нормальной анатомии ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России. 344022, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29.

Бабаев Михаил Викторович – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России. 344022, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29.

Орлова Светлана Вячеславовна – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры внутренних болезней № 2 ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России. 344022, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29.

Сикоренко Татьяна Михайловна – канд. мед. наук, ассистент кафедры нормальной анатомии ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России. 344022, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29.

Самохина Ольга Сергеевна – студент педиатрического факультета ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России. 344022, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29.

Поступила в редакцию 22.06.2017 г.