

## **ОСОБЕННОСТИ АНАТОМО-АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОСТНЫХ СТРУКТУР ПОЗВОНКОВ В ПРЕДОПЕРАЦИОННОМ ПЛАНИРОВАНИИ И ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ДЕТЕЙ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ S-ОБРАЗНЫМ СКОЛИОЗОМ**

**Филиппова А.Н., Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н.**

*ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера», Минздрава России, Санкт-Петербург, e-mail: alexandrjonok@mail.ru*

Применение спинальных систем с транспедикулярной фиксацией для коррекции деформаций позвоночника у детей с идиопатическим сколиозом в последние годы имеет широкое распространение. Одной из сложных задач является оценка анатомо-антропометрических значений дужек позвонков, входящих в дугу искривления, с целью корректной установки транспедикулярных винтов спинальной системы. Каждый тип деформации при идиопатическом сколиозе имеет свои особенности как с точки зрения параметров костных структур тел позвонков в дуге искривления, так и последовательности выполнения корригирующих маневров в ходе хирургического вмешательства. Целью исследования явился анализ анатомо-антропометрических особенностей костных структур тел позвонков у детей с идиопатическим S-образным сколиозом типа Lenke III и Lenke VI при помощи навигационной установки для рационального предоперационного планирования коррекции деформации позвоночника. Исследование включало 40 пациентов: 23 ребенка с комбинированным идиопатическим сколиозом III типа по классификации L. Lenke и 17 детей с идиопатическим сколиозом VI типа в возрасте от 14 до 18 лет. Всем детям осуществляли рентгенографию позвоночника в стандартных проекциях, МСКТ грудного и поясничного отделов позвоночника. Результаты обследования импортировали в систему оптической навигационной установки SpineMap 3D и выполняли измерения параметров костных структур позвонков, входящих в дугу искривления. Статистическую обработку проводили в программной среде STATISTICA10. В ходе исследования обнаружены сходства и различия показателей костных структур тел позвонков в грудном и поясничном отделах позвоночника между типами S-образного сколиоза Lenke III и Lenke VI. Обнаружены особенности корреляционных связей между анатомо-антропометрическими показателями костных структур двух типов S-образного сколиоза. Выявленные особенности параметров костных структур позвоночника у детей с комбинированным идиопатическим сколиозом позволяют провести рациональное предоперационное планирование и определить уровни корректной установки транспедикулярных опорных элементов металлоконструкции в ходе операции.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз, S-образный сколиоз, классификация L. Lenke, подростки, хирургическая коррекция деформации позвоночника, анатомо-антропометрические параметры костных структур тел позвонков.

## **FEATURES OF THE ANATOMICAL AND ANTHROPOMETRIC PARAMETERS OF THE BONE STRUCTURES OF THE VERTEBRAL BODIES IN PREOPERATIVE PLANNING AND SURGICAL TREATMENT OF IDIOPATHIC S-SHAPED SCOLIOSIS**

**Filippova A.N., Vissarionov S.V., Kokushin D.N.**

*Federal State Budgetary Institution «H.Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, e-mail: alexandrjonok@mail.ru*

The use of spinal systems with transpedicular fixation for the correction of spinal deformities in children with idiopathic scoliosis in recent years has been widespread. One of the difficult tasks is to evaluate the anatomical and anthropometric values of the vertebral arches included in the arch of the curvature in order to correctly install the transpedicular screws of the spinal system. Each type of deformation in idiopathic scoliosis has its own peculiarities both in terms of the parameters of the bone structures of the vertebral bodies in the arch of curvature and the sequence of corrective maneuvers during surgery. The aim of the study was to analyze the anatomical and anthropometric features of the bone structures of the vertebral bodies in children with idiopathic S-shaped scoliosis such as Lenke III and Lenke VI using a navigation unit for rational preoperative planning of correction of spinal deformity. The study included 40 patients: 23 children with combined idiopathic scoliosis of type III according to L. Lenke classification and 17 children with idiopathic scoliosis of type VI aged 14 to 18 years. All children underwent radiography of the spine in standard projections, MSCT of the thoracic and lumbar spine. The survey results were imported into the system of the optical navigation system SpineMap

**3D and measurements of the bone structures of the vertebrae included in the curvature arch were performed. Statistical processing was performed in the STATISTICA10 software environment. The study found similarities and differences in the indicators of bone structures of the vertebral bodies in the thoracic and lumbar spine between the types of S-shaped scoliosis Lenke III and Lenke VI. Peculiarities of correlation between anatomical and anthropometric indices of bone structures of two types of S-shaped scoliosis were found. The revealed features of the parameters of the bone structures of the spine in children with combined idiopathic scoliosis make it possible to carry out rational preoperative planning and determine the levels of the correct installation of transpedicular support elements of the metal structure during the operation.**

Keywords: idiopathic scoliosis, S-shaped scoliosis, L. Lenke classification, adolescents, surgical correction of spinal deformity, anatomical and anthropometric parameters of bone structures of vertebral bodies.

Идиопатический сколиоз – одно из наиболее часто встречающихся заболеваний у детей, с которым приходится сталкиваться специалисту в своей клинической практике. Важными вопросами в подходах к терапии данной категории пациентов являются своевременность диагностики заболевания и выбор рациональной тактики лечения. Ряд пациентов требуют динамического наблюдения и консервативного лечения, другая категория больных нуждается в изготовлении жесткого корригирующего ортеза и определенном варианте сопровождения с точки зрения терапии, около 2% детей с деформацией более 40–45° по Cobb имеют показания для хирургической коррекции искривления [1]. Оперативное лечение деформаций позвоночника у детей с идиопатическим сколиозом остается одной из актуальных и до конца не решенных проблем в детской ортопедии. Некоторые авторы, несмотря на накопленный опыт в хирургии позвоночника, остаются сторонниками консервативного лечения [2]. Другие утверждают, что деформации позвоночника более 40–45° будут неуклонно прогрессировать даже во взрослой жизни и хирургическое лечение в подростковом возрасте обеспечит лучшее качество жизни для этих пациентов [3]. В настоящее время в хирургии позвоночника коррекция деформаций позвоночного столба выполняется с использованием транспедикулярных спинальных систем [4, 5]. Для данного способа металлофиксации деформаций позвоночного столба одной из сложных задач является оценка анатомо-антропометрических параметров оснований дуг позвонков, входящих в дугу искривления, с целью правильной и корректной установки транспедикулярного элемента [6, 7].

Для каждого типа деформации при идиопатическом сколиозе выполнение корригирующих маневров во время оперативного лечения имеет свою последовательность и особенности, которые определяются в первую очередь патологически измененной анатомией позвоночного столба [8]. Одной из наиболее используемых классификаций деформаций позвоночника при идиопатическом сколиозе для хирургов-вертебрологов является классификация L. Lenke [9]. Она призвана помочь хирургу определить протяженность и уровень металлофиксации деформированного позвоночника [9]. Непростой задачей хирургической коррекции деформаций при идиопатическом сколиозе является коррекция деформаций позвоночника с двумя структуральными дугами, так как во время оперативного

вмешательства выполняются маневры, направленные на коррекцию грудного и поясничного искривления отдельно, но при этом соблюдают правила коррекции деформации позвоночного столба в целом [10].

Целью исследования явился анализ анатомо-антропометрических особенностей костных структур тел позвонков у детей с идиопатическим S-образным сколиозом – типы Lenke III и Lenke VI – при помощи навигационной установки для рационального предоперационного планирования коррекции деформации позвоночника.

### **Материалы и методы исследования**

Исследование включало 40 пациентов: 23 ребенка с комбинированным идиопатическим сколиозом III типа по классификации L. Lenke и 17 детей со сколиозом типа VI в возрасте от 14 до 18 лет. В обеих группах пациентов преобладали девочки: в группе пациентов с III типом идиопатического сколиоза – 22 человека женского пола и 1 мужского пола, в группе пациентов с VI типом деформации – 16 и 1 соответственно. У пациентов первой группы (тип деформации Lenke III) грудная дуга искривления в среднем составила  $79^\circ$  (от  $35^\circ$  до  $124^\circ$ ), поясничная дуга – в среднем  $71^\circ$  (от  $32^\circ$  до  $108^\circ$ ), при VI типе идиопатического сколиоза среднее значение величины грудной дуги в среднем составило  $45^\circ$  (от  $30^\circ$  до  $65^\circ$ ), а величина поясничной дуги –  $75^\circ$  (от  $45^\circ$  до  $90^\circ$ ). Обследование включало в себя выполнение рентгенограмм позвоночника в прямой и боковой проекции, также всем пациентам выполняли мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) грудного и поясничного отделов позвоночника. По рентгенограммам измеряли величину сколиотических дуг по Cobb и оценивали сагиттальный профиль позвоночника, далее определяли тип искривления согласно классификации L. Lenke. После этого с помощью внешнего носителя данные МСКТ переносили в оптическую навигационную установку, где в программной среде SpineMap 3D выполняли измерения оснований дуг позвонков с двух сторон на протяжении грудного и поясничного отделов, а именно высоту (lngd) и ширину (trd) дуги позвонка. Производили измерения величины ротации апикального позвонка (РАП) разработанным нами способом (патент РФ № 2587035и от 19.05.2016 г.) на вершинах деформаций грудной и поясничной дуги [11]. После этого осуществляли математический расчет показателя «площадь (S) основания дуг» путем умножения значений ширины дуги на ее высоту. Значения trd и lngd основания дуг позвонков и их площадей для каждого типа деформации представляли в виде среднего и стандартного отклонения. Также были введены показатели коэффициентов асимметрии ширины (KAtrd) и высоты (KAlng) основания дуг позвонка, коэффициент асимметрии площадей основания дуг позвонка (KAS). Коэффициенты асимметрии вычислены как отношение величины правых значений анатомо-антропометрических показателей к левым и являются интегральными показателями

сколиотического процесса. Для выявления закономерностей и связей между антропометрическими показателями костных структур были построены диаграммы Тьюки, а также применен метод корреляционных плеяд В.П. Терентьева. Для всех вычисленных параметров проведена статистическая обработка в программной среде STATISTICA10 (StatSoft, Inc.).

### Результаты исследования и их обсуждение

Проведенное исследование показало, что значения ширины и высоты дуг позвонков имеют определенные закономерности и изменяются в зависимости от локализации позвонка в дуге искривления, а также от типа деформации.

Идиопатический сколиоз типа Lenke III характеризуется наличием двух структуральных искривлений, из которых грудное является первичным, поясничное – вторичным. Были определены ширина и высота корней дуг для каждого позвонка по выпуклой и вогнутой стороне грудной и поясничной дуг деформации, а также математически рассчитаны площади корней дуг позвонков, вычислены показатели коэффициентов асимметрии ширины, высоты и площади корней дуг позвонков. Для визуальной оценки изменения вычисленных параметров были построены диаграммы Тьюки. Наиболее ярко выраженность асимметрии была отражена при построении диаграмм Тьюки для коэффициентов площадей корней дуг позвонков (рис. 1).

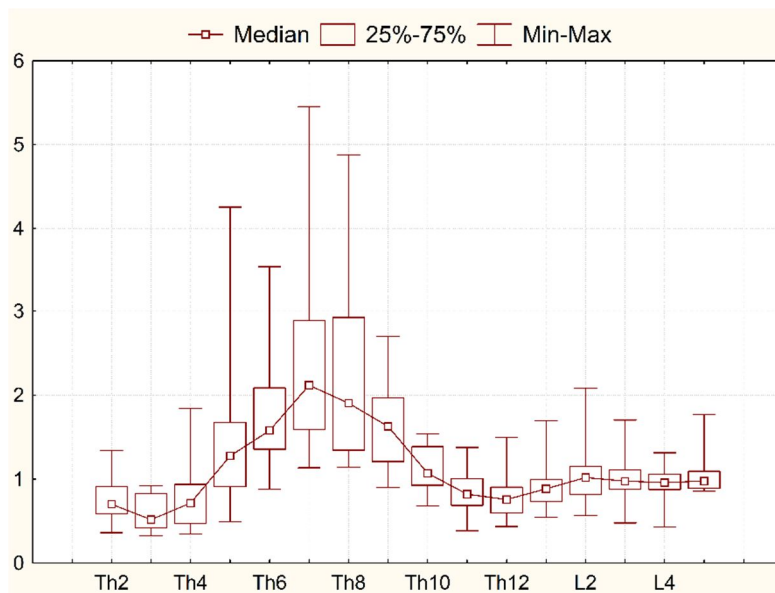
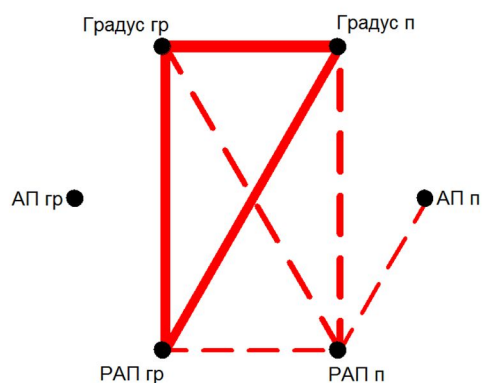


Рис. 1. Показатели коэффициентов асимметрии площадей оснований дуг позвонков представлены в виде медианы, минимума и максимума

Анализируя анатомо-антропометрические значения, в частности показатели ширины и высоты оснований дуг позвонков и коэффициентов асимметрии для грудного отдела позвоночника при деформации типа Lenke III, можно отметить в грудной дуге искривления

наличие выраженных структуральных изменений по выпуклой и вогнутой стороне искривления, которая у пациентов с III типом идиопатического сколиоза является ведущей. При оценке аналогичных показателей для поясничного отдела позвоночника отмечаются невыраженные изменения значений показателей и коэффициентов асимметрии по вогнутой и выпуклой сторонам в поясничном сегменте, несмотря на наличие структуральности этой дуги. Это наблюдение мы объясняли тем, что у детей с данным типом искривления поясничная дуга является вторичной и не имеет значительных анатомо-антропометрических изменений костных структур по сравнению с ведущей грудной дугой искривления, а также анатомическими и физиологическими особенностями позвонков поясничного отдела по сравнению с грудным.

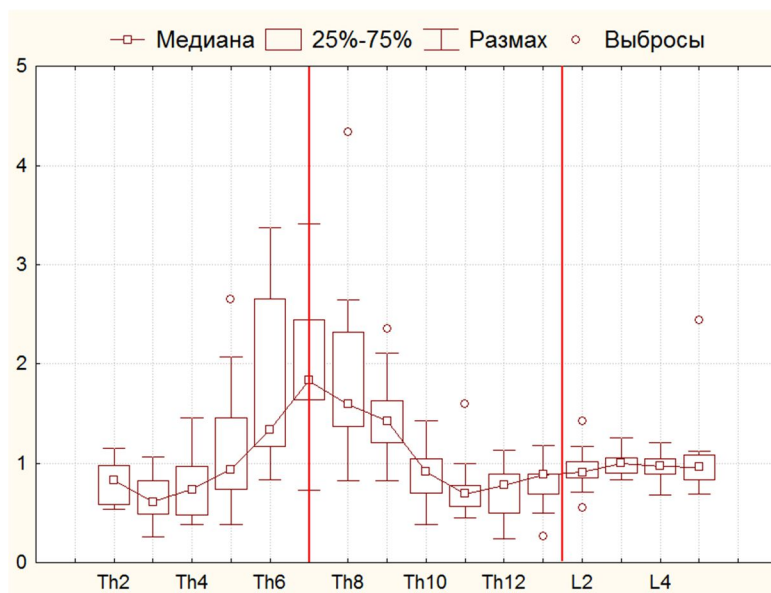
При оценке корреляционных связей с помощью плеяд Терентьева для грудного и поясничного отделов позвоночника в отдельности при деформации типа Lenke III отмечены следующие особенности. В грудном отделе позвоночника отмечается наличие сильных прямых корреляционных связей РАП, KAS, KAtrd и KAIng, также для позвонков этого отдела позвоночного столба имеется сильная отрицательная корреляция между AПIngdL и KAIng. Для поясничного отдела характерна лишь наиболее выраженная прямая корреляционная связь между KAS и KAtrd. Все три показателя асимметрии определяются показателями вогнутой стороны, а именно значениями величин основания дуг по левой стороне в грудном отделе, и аналогичными значениями по правой стороне в поясничном отделе позвоночника. Для оценки корреляционных зависимостей при комбинированном сколиозе типа Lenke III мы построили общий рисунок для поясничного и грудного отделов позвоночника (рис. 2). Необходимо отметить, что для этого типа идиопатического сколиоза при анализе корреляционных связей для грудного и поясничного отделов позвоночника в целом характерно наличие сильных прямых корреляционных связей между величинами углов деформаций грудного и поясничного отделов, а также прямой корреляции этих величин с ротацией апикального грудного позвонка. Это указывает на общность деформации при наличии двух структуральных дуг, а также на зависимость строения обеих дуг искривления от показателя ротации первичной дуги при комбинированном сколиозе.



*Рис. 2. Диаграмма корреляционных плед В.П. Терентьева для грудного и поясничного отделов позвоночника при деформации типа Lenke III*

Таким образом, оценивая возможность коррекции деформации типа Lenke III металлоконструкцией с транспедикулярными опорными элементами, учитывая данные, полученные при анализе корреляционных связей между величиной угла Cobb и значениями коэффициентов асимметрии ширины и высоты основания дуг в грудном отделе позвоночника, можно сделать следующее заключение: установка транспедикулярных опорных элементов возможна с обеих сторон (выпуклой и вогнутой) в поясничном отделе позвоночника и по выпуклой стороне деформации в грудном отделе. При установке транспедикулярных элементов по вогнутой стороне деформации грудного отдела позвоночника нужно ориентироваться на величину угла основной дуги искривления. Установлено, что, чем больше угол основной дуги деформации по Cobb, тем больше угол ротации вершинного позвонка и позвонков апикальной зоны искривления и тем самым более выражены изменения пространственных взаимоотношений основания дуги и тела позвонка, а значит, уменьшается шанс корректной транспедикулярной фиксации позвоночника на этом уровне.

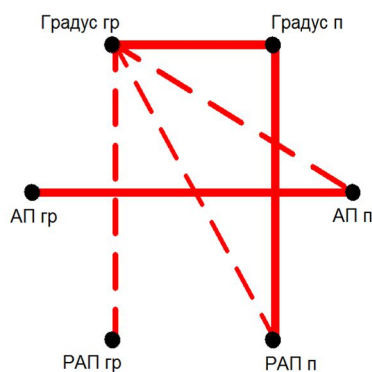
Для деформации типа Lenke VI характерно наличие двух структуральных дуг искривления, как и при комбинированном сколиозе типа Lenke III, но первичной дугой при данном типе является поясничная, вторичная структуральная дуга – грудная. Несмотря на это, у пациентов, имеющих идиопатический сколиоз VI типа, выявлены выраженные структуральные изменения в грудной дуге и незначительные – в поясничной, так же как и при III типе. С помощью диаграмм Тьюки можно визуально оценить изменение коэффициента асимметрии площадей оснований дуг позвонков в грудном и поясничном отделах позвоночника при деформации типа Lenke VI (рис. 3).



*Рис. 3. Показатели коэффициентов асимметрии площадей оснований дуг позвонков представлены в виде медианы, минимума и максимума*

Несмотря на то что при идиопатическом сколиозе VI типа по L. Lenke поясничная дуга является первичной (ведущей), на вершине деформации поясничной дуги асимметрия анатомо-антропометрических значений костных структур тел позвонков имеет умеренную выраженность. При этом на вершине деформации грудной дуги, которая при VI типе по Lenke является вторичной, была выявлена выраженная асимметрия основания дуг. Надо отметить, что при S-образной деформации с первичной грудной дугой (тип Lenke III) были отмечены близкие по значению показатели асимметрии, как и при деформации типа Lenke VI. Данное наблюдение говорит об особенностях течения сколиотического процесса в поясничном отделе позвоночника в сравнении с грудным отделом.

При идиопатическом комбинированном сколиозе типа Lenke VI были выявлены прямые корреляции между величиной углов искривления в градусах по Cobb в грудном и поясничном отделах позвоночника. При данном типе идиопатического сколиоза величина угла деформации в поясничном отделе позвоночника имела прямую корреляционную связь с ротацией апикального позвонка поясничной дуги искривления, но с величиной угла грудного отдела имела корреляцию меньшую по модулю. При сколиозе типа Lenke VI можно отметить сильную корреляцию между ротацией апикальных позвонков грудного и поясничного отделов, чего не наблюдается при деформации типа Lenke III. Данные корреляционного анализа наиболее ярко отражают процесс формирования S-образной деформации позвоночника с ведущей поясничной дугой (рис. 4).



*Рис. 4. Диаграмма корреляционных плеяд В.П. Терентьева для грудного и поясничного отделов позвоночника при деформации типа Lenke VI*

При хирургической коррекции данного типа деформации, так же как при деформации III типа, возможна транспедикулярная фиксация в поясничном отделе позвоночника как по выпуклой, так и по вогнутой стороне. Установка транспедикулярных элементов в грудном отделе позвоночника по выпуклой стороне возможна на всем протяжении, а по вогнутой стороне будет зависеть от величины поясничной дуги в градусах и ротации апикального позвонка поясничной дуги.

#### **Выводы**

При анализе анатомо-антропометрических параметров комбинированного сколиоза выявлены и подтверждены особенности течения сколиотического процесса в разных отделах позвоночного столба.

Анализ анатомо-антропометрических параметров костных структур позвонков у детей с S-образным идиопатическим сколиозом типа Lenke III и Lenke VI позволил выявить определенные особенности и установить корреляционные связи, характеризующие данные варианты деформаций. При идиопатическом сколиозе типа Lenke III и Lenke VI отмечены выраженные изменения показателей параметров костных структур тел позвонков в грудном отделе по сравнению с поясничным. Для III типа деформации характерно наличие сильных прямых корреляционных связей между величинами углов деформаций грудного и поясничного отделов, а также прямой корреляции этих величин с ротацией апикального грудного позвонка. При VI типе идиопатического сколиоза значение величины угла основной структуральной дуги искривления поясничного отдела позвоночника имело прямую корреляционную связь с ротацией вершинного позвонка поясничного искривления, но меньшую по модулю корреляционную связь с величиной угла деформации в грудном отделе позвоночника. При этом варианте искривления отмечена сильная корреляционная связь между величинами углов ротации вершинных позвонков грудного и поясничного искривлений, что является нехарактерным для деформации типа Lenke III.



Выявленные анатомо-антропометрические особенности костных структур тел позвонков у детей с S-образным идиопатическим сколиозом позволяют выполнить рациональное предоперационное планирование для определения уровней корректной транспедикулярной фиксации во время хирургического вмешательства.

### Список литературы

1. Fusco C., Donzelli S., Lusini M., Salvatore M., Zaina F., Negrini S. Low rate of surgery in juvenile idiopathic scoliosis treated with a complete and tailored conservative approach: end-growth results from a retrospective cohort. *Scoliosis*. 2014. № 9. P.12. DOI: 10.1186/1748-7161-9-12.
2. Danielsson A.J. Natural history of adolescent idiopathic scoliosis: a tool for guidance in decision of surgery of curves above 50°. *J. Child. Orthop.* 2013. №7. P. 37-41. DOI: 10.1007/s11832-012-0462-7.
3. Wong H-K., Tan K-J. The natural history of adolescent idiopathic scoliosis. *Indian J. Orthop.* 2010. №44. P. 9. DOI: 10.4103/0019-5413.58601.
4. Yilmaz G., Borkhuu B., Dhawale A.A., Oto M., Littleton A.G., Mason D.E., Gabos P.G., Shah S.A. Comparative analysis of hook, hybrid, and pedicle screw instrumentation in the posterior treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *J. Pediatr. Orthop.* 2012. Vol. 32. № 5. P. 490-499. DOI: 10.1097/BPO.0b013e318250c629.
5. Васюра А.С., Новиков В.В., Михайловский М.В., Долотин Д.Н., Суздоров В.А., Сорокин А.Н., Удалова И.Г. Хирургическое лечение сколиоза с применением метода транспедикулярной фиксации // *Хирургия позвоночника*. 2011. №2. С. 27–34. DOI: 10.14531/ss2011.2.27-34.
6. Kuraishi S., Takahashi J., Hirabayashi H., Hashidate H., Ogihara N., Mukaiyama K., Kato H. Pedicle morphology using computed tomography-based navigation system in adolescent idiopathic scoliosis. *J. Spinal. Disord. Tech.* 2013. № 26. P. 22–28. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31823162ef.
7. Macke J.J., Woo R., Varich L. Accuracy of robot-assisted pedicle screw placement for adolescent idiopathic scoliosis in the pediatric population. *J. Robot Surg.* 2016. Vol. 10. № 2. P.145-50. DOI: 10.1007/s11701-016-0587-7.
8. Виссарионов С.В. Технология коррекции деформаций позвоночника транспедикулярными спинальными системами у детей с идиопатическим сколиозом // *Хирургия позвоночника*. 2013. №1. С.21-27. DOI:10.14531/ss2013.1.21-27.
9. Lenke L.G., Betz R.R., Harms J. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2001. № 83. P.1169-1181.

10. Lenke L.G., Betz R.R., Clements D. Curve prevalence of a new classification of operative adolescent idiopathic scoliosis: does classification correlate with treatment? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002. Vol. 27. №6. P. 604-611.
11. Кокушин Д.Н., Виссарионов С.В., Баиндурашвили А.Г., Барт В.А. Анализ анатомо-антропометрических параметров позвонков у детей с идиопатическим сколиозом грудной локализации с применением 3D-КТ навигации // *Хирургия позвоночника*. 2016. Т. 13. № 1. С. 27–36. DOI: 10.14531/ss2016.1.27-36.