

Анатомо-антропометрические особенности костных структур тел позвонков у детей с идиопатическим сколиозом типа Lenke III

С.В. Виссарионов^{1,2}, Д.Н. Кокушин¹, А.Н. Филиппова¹, А.Г. Баиндурашвили^{1,2}, В.А. Барт^{3,4}, Н.О. Хусаинов¹

¹ ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

⁴ ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Актуальность. Искривления позвоночного столба типа Lenke III среди всех типов деформаций при идиопатическом сколиозе встречаются в 11% случаев. Знание особенностей строения костных структур на протяжении основной дуги деформации позволяет правильно спланировать установку транспедикулярных опорных элементов в ходе операции и осуществить определенную последовательность корригирующих манипуляций с целью достижения оптимального результата. **Цель** — изучить анатомо-антропометрические особенности костных структур тел позвонков у детей с идиопатическим сколиозом типа Lenke III при помощи навигационной установки. **Материалы и методы.** В исследование вошли 23 пациента с S-образным идиопатическим сколиозом III типа по классификации L. Lenke в возрасте от 14 до 18 лет, из них 22 пациента женского пола и один — мужского пола. У всех детей осуществляли рентгенографию позвоночника в стандартных проекциях (прямой и боковой), мультиспиральную компьютерную томографию, по данным МСКТ в навигационной установке измеряли анатомо-антропометрические показатели, математическим путем были вычислены определенные параметры и коэффициенты. Математическим путем были вычислены площади оснований корней дуг позвонков, а также коэффициенты асимметрии ширины, высоты, и площадей. Все данные были обработаны с помощью методов статистики: критерий Колмогорова – Смирнова и Лилльфорса, метод корреляционных плеяд В.П. Терентьева, T2-критерий Хотеллинга, закономерности и связи между признаками были выявлены с помощью диаграмм Тьюки. **Результаты.** Определены следующие закономерности: выраженная асимметрия как ширины, так и высоты оснований дуг позвонков по вогнутой и выпуклой сторонам деформации в грудном отделе позвоночника и умеренно выраженные структуральные изменения костных структур в поясничном отделе. Выявлены сильные прямые корреляционные связи между коэффициентом асимметрии площадей оснований дуг и коэффициентами асимметрии ширины и высоты основания дуг, а также прямая корреляция значений величины ротации апикального позвонка и коэффициента асимметрии площадей оснований дуг в грудном отделе. В поясничном отделе позвоночника обнаружена прямо пропорциональная зависимость между коэффициентом асимметрии площадей оснований дуг позвонков и коэффициентом асимметрии высоты оснований дуг позвонков. **Выводы.** Впервые проведенный анализ анатомических показателей костных структур позвонков у детей с идиопатическим сколиозом типа Lenke III позволил выявить определенные особенности, установить закономерности и корреляционные связи, характеризующие данный вариант деформации.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз, Lenke classification, анатомо-антропометрические параметры тел позвонков, транспедикулярная фиксация, дети.

Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Филиппова А.Н., Баиндурашвили А.Г., Барт В.А., Хусаинов Н.О. Анатомо-антропометрические особенности костных структур тел позвонков у детей с идиопатическим сколиозом типа Lenke III. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(1):92-103. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-92-103.

Cite as: Vissarionov S.V., Kokushin D.N., Filippova A.N., Baindurashvili A.G., Bart V.A., Khusainov N.O. [Anatomical and Anthropometric Features of Bone Bodies Structures in Children with Idiopathic Scoliosis of Lenke III Type]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(1):92-103. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-92-103.

Филиппова Александра Николаевна / Aleksandra N. Filippova; e-mail: alexandrjonok@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 29.10.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 12.12.2018.

Anatomical and Anthropometric Features of Bone Bodies Structures in Children with Idiopathic Scoliosis of Lenke III Type

S.V. Vissarionov^{1,2}, D.N. Kokushin¹, A.N. Filippova¹, A.G. Baidurashvili^{1,2}, V.A. Bart^{3,4}, N.O. Khusainov¹

¹ Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

² Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

³ Almazov National Medical Research Centre, St. Petersburg, Russian Federation

⁴ St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract

Objective. Lenke III type spinal curvature occurs in 11% of all types of deformities in idiopathic scoliosis. Knowledge of the features of the structure of the bone structures throughout the main curve of the deformity allows you to properly plan the installation of transpedicular supporting elements during the operation and carry out a specific sequence of correcting manipulations in order to achieve the optimal result. **Purpose.** To study the anatomical and anthropometric features of the bone structures of the vertebrae in children with idiopathic scoliosis, type Lenke III, using a navigation device. **Materials and Methods.** The study included 23 patients with S-type idiopathic scoliosis type III according to the classification of L. Lenke aged 14 to 18 years, of which 22 are female patients and 1 male. All children carried out spinal X-rays in standard projections (direct and lateral), multislice computed tomography, according to MSCT in the navigation unit measured anatomical and anthropometric indicators, certain parameters and coefficients were calculated mathematically. **Results.** The following patterns were determined: pronounced asymmetry of both the width and height of the bases of the arches of the vertebrae along the concave and convex sides of the deformity in the thoracic spine and moderately pronounced structural changes in the bone structures in the lumbar spine. Strong direct correlations between the asymmetry coefficient of the base areas of the arcs and the asymmetry coefficients of the width and height of the base of the arcs, as well as a direct correlation between the values of the rotational value of the apical vertebra and the asymmetry coefficient of the base areas of the arcs in the thoracic region were revealed. In the lumbar spine, only a directly proportional relationship was found between the asymmetry coefficient of the areas of the bases of the arches of the vertebrae and the coefficient of asymmetry of the heights of the bases of the arcs of the vertebrae. **Conclusion.** An analysis of the anatomical and anthropometric parameters of the bony structures of the vertebrae in children with idiopathic scoliosis of the Lenke III type has made it possible to identify certain features, to establish patterns and correlations that characterize this variant of deformity.

Keywords: idiopathic scoliosis, Lenke classification, anatomic and anthropometric parameter, transpedicular fixation, children.

Competing interests: the authors declare that they have no competing interests.

Funding: the authors have no support or funding to report.

Введение

В общей структуре ортопедической патологии частота встречаемости идиопатического сколиоза составляет от 1,0 до 1,5% [1]. Наиболее распространенной локализацией деформации является грудной отдел позвоночника — идиопатический сколиоз типа Lenke I. Искривления позвоночного столба типа Lenke III среди всех типов деформаций при идиопатическом сколиозе встречаются в 11% случаев [2].

Хирургическому лечению детей с идиопатическим сколиозом посвящены многочисленные публикации в отечественной и зарубежной литературе. В них подробно отражены как технологии коррекции имеющегося искривления в ходе хирургического вмешательства, так и отдаленные

результаты оперативного лечения. В настоящее время для коррекции искривления позвоночного столба у детей с идиопатическим сколиозом стали применять спинальные системы с транспедикулярными опорными элементами [3–6]. Оценка анатомо-антропометрических параметров основания дуг тел позвонков, их ориентация относительно тела позвонка на протяжении основной дуги искривления позволяет провести рациональное предоперационное планирование расположения опорных элементов спинальной системы и их корректную установку в ходе операции [7–10]. Именно знание особенностей строения костных структур на протяжении основной дуги деформации позволяет правильно спланировать установку транспедикулярных опорных элементов в ходе операции

и осуществить определенную последовательность корригирующих манипуляций с целью достижения оптимального результата [11–14].

Изучению и оценке анатомо-антропометрических параметров костных структур тел позвонков на протяжении основной дуги искривления посвящены единичные исследования. Эти работы посвящены оценке размеров основания дуг позвонков и их пространственной ориентации относительно тела позвонка у пациентов с идиопатическим сколиозом грудной локализации [15, 16]. Некоторые исследователи проводят анализ этих показателей на основании результатов МРТ исследования и/или компьютерной томографии [15]. Другие авторы утверждают, что изучение анатомо-антропометрических особенностей костных структур тел позвонков у пациентов с идиопатическим сколиозом на основании этих исследований сопровождается большой долей погрешности и ошибками измерений [17, 18]. Оценка параметров тел позвонков на протяжении основной дуги искривления на основании данных КТ, обработанных при помощи навигационной установки, позволяет более точно и детально визуализировать костные структуры у детей с идиопатическим сколиозом [11, 19–21].

Цель — изучить анатомо-антропометрические особенности костных структур тел позвонков у детей с идиопатическим сколиозом типа Lenke III при помощи навигационной установки.

Материал и методы

В исследование вошли 23 пациента с S-образным идиопатическим сколиозом III типа по классификации L. Lenke в возрасте от 14 до 18 лет. В структуре больных преобладали пациенты женского пола — 22 человека. Величина грудной дуги

искривления в среднем составила 79° (от 35° до 124°), величина поясничной дуги — в среднем 71° (от 32° до 108°).

У всех детей осуществляли рентгенографию позвоночника в стандартных проекциях. По рентгенограммам оценивали величину основной дуги искривления по Cobb в прямой и боковой проекциях, определяли тип деформации по локализации вершин основных дуг искривления, их структуральность.

Кроме того, всем пациентам выполняли мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) искривленного отдела позвоночного столба на компьютерном томографе «Brilliance CT64» (Philips, США) с уровня Th1 до S1 позвонков.

Для оценки анатомо-антропометрических особенностей позвонков в дуге искривления КТ-сканы переносили в программную систему оптической навигационной установки SpineMap 3D. Из большого массива слайсов программа SpineMap 3D выстраивала трехмерную модель позвоночника. Для каждого позвонка, входящего в дугу искривления, выбирали свою плоскость в пространстве таким образом, чтобы он располагался ровно относительно трех взаимно перпендикулярных плоскостей. Только после достижения этих условий осуществляли измерение высоты (Ingd) и ширины (trd) основания дуг каждого позвонка на протяжении дуги деформации с правой (R) и левой (L) сторон (рис. 1). Измерение параметров основания дуг позвонков проводили по внешним границам их костной структуры.

Кроме оценки основной величины дуги деформации в грудном и поясничном отделах, а также высоты и ширины оснований дуг позвонков на протяжении деформации, измеряли величину

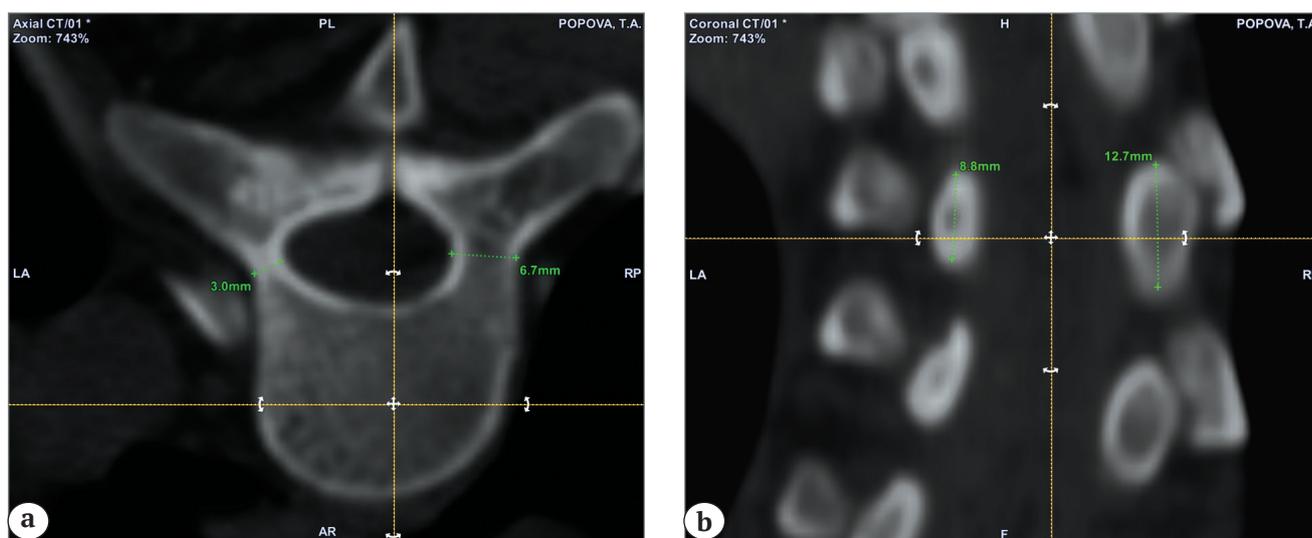


Рис. 1. Схема измерения ширины (а) и высоты (б) основания дуги позвонка (зеленой линией обозначено место измерения)

Fig. 1. Measurement of pedicle width (a) and height (b), green line marks the site of measurement

ротации апикального позвонка (РАП) на вершинах деформаций как грудной, так и поясничной дуги. Ротацию апикального позвонка определяли разработанным нами способом (патент РФ № 2587035и от 19.05.2016), который описан в предыдущем исследовании [22].

Полученные данные измерений фиксировали и заносили в специальные таблицы для каждого пациента отдельно. Так же вычисляли площадь (S) основания дуг путем произведения значений ширины на высоту. Затем полученные данные вносили в сводные таблицы. Значения trd и lngd основания дуг позвонков и их площадей формировали в виде среднего и стандартного отклонения.

Для выявления закономерностей сколиотического процесса были вычислены следующие коэффициенты:

– коэффициент асимметрии ширины основания дуг позвонка (KAtrd), который определяли как отношение trdR к trdL;

– коэффициент асимметрии высоты основания дуг позвонка (KAlng), равный отношению lngdR к lngdL;

– коэффициент асимметрии площадей основания дуг позвонка (KAS) отношение SR к SL.

Статистический анализ

Для проверки нормальности распределений применяли критерий Колмогорова – Смирнова и Лиллиефорса. С помощью диаграмм Тьюки были выявлены закономерности и связи между признаками, с этой же целью применен метод корреляционного анализа (метод корреляционных плеяд В.П. Терентьева). Из методов многомерного дисперсионного анализа к показателям trd и lngd основания дуг применяли T2-критерий Хотеллинга.

Статистическую обработку проводили в программной среде STATISTICA10 (StatSoft, Inc.).

Результаты исследования

В результате исследования получены параметры ширины и высоты основания дуг позвонков, площадей основания дуг и коэффициенты их асимметрии (табл. 1–3).

Таблица 1

Показатели ширины и высоты основания дуг позвонков у пациентов с идиопатическим сколиозом типа Lenke III (n = 23)

Позвонок	Слева		Справа	
	trdL, мм	lngdL, мм	trdR, мм	lngdR, мм
Th2	5,8±1,2	12,2±1,5	4,6±1,6	11,2±1,4
Th3	5,3±1,0	12,1±1,7	3,3±1,2	11,8±1,9
Th4	5,0±1,0	11,4±1,4	3,4±1,1	12,4±1,7
Th5	4,4±1,2	10,7±1,9	4,3±1,1	12,9±1,6
Th6	3,8±1,0	10,5±2,2	4,8±0,9	13,5±1,8
Th7	3,3±1,0	10,7±2,0	5,2±1,2	14,0±2,1
Th8	3,5±1,3	11,2±2,2	5,5±1,4	13,5±1,5
Th9	4,2±1,4	13,3±2,7	5,8±1,5	14,2±1,8
Th10	5,5±1,4	16,5±2,8	6,2±1,7	16,3±2,3
Th11	7,9±1,8	19,0±3,1	7,3±2,3	16,7±2,8
Th12	7,7±1,8	17,5±2,4	6,4±1,4	15,5±2,1
L1	6,2±1,6	15,6±2,4	6,1±2,0	14,5±2,5
L2	6,5±1,4	15,5±1,6	7,1±2,3	14,6±2,1
L3	8,4±1,7	15,0±1,8	8,4±2,1	14,8±1,7
L4	10,9±2,4	14,1±1,9	10,1±2,2	14,5±1,9
L5	14,9±3,3	13,0±1,5	13,4±2,5	14,6±1,4

Показатели площади левых и правых оснований дуг позвонков у пациентов с идиопатическим сколиозом типа Lenke III (n = 23)

Позвонок	Левая дуга	Правая дуга
	SL, мм ²	SR, мм ²
Th2	71,5±19,6	52,1±21,7
Th3	65,7±17,7	39,7±17,4
Th4	57,0±16,1	42,4±17,5
Th5	47,7±17,9	56,4±18,2
Th6	41,2±15,2	64,7±15,3
Th7	35,8±15,2	73,9±22,6
Th8	40,4±20,0	74,8±24,4
Th9	56,7±25,4	83,4±27,3
Th10	93,6±35,2	102,8±35,3
Th11	153,6±54,1	122,2±43,8
Th12	136,6±47,7	101,4±32,7
L1	97,0±33,4	90,4±40,4
L2	101,1±28,7	105,8±48,2
L3	125,6±31,3	125,1±40,3
L4	154,0±44,9	145,9±38,6
L5	193,0±46,5	195,8±45,4

Сравнение диаметров правых и левых оснований дуг позвонков (T2-критерий Хотеллинга)

Отдел позвоночника	Trd	lngd
Th2-12 (грудной отдел)	T2 = 206,3 p<0,00017	T2 = 58,0 p = 0,041
L1-5 (поясничный отдел)	T2 = 11,2 p = 0,16	T2 = 42,5 p<0,00089

При проведении анализа значений ширины оснований дуг позвонков по вогнутой и выпуклой сторонам деформации были отмечены следующие закономерности. Установлено, что значения ширины основания дуг позвонков на вогнутой стороне trdL в грудном отделе уменьшаются с уровня Th2 (5,8±1,2) до Th7. При этом минимальные значения этих показателей отмечены на уровне Th7 по-

звонка (3,3±1,0). С этого уровня до Th11 позвонка отмечено увеличение значений ширины основания дуг (7,9±1,8). В зоне грудопоясничного перехода показатели ширины основания дуг уменьшаются с уровня Th11 до L1 позвонка (6,2±1,6), после чего опять увеличиваются в каудальном направлении. По выпуклой стороне искривления значения основания ширины дуг позвонков в грудном отделе на уровне Th2 позвонка имеет значение 4,6±1,6. На уровне Th3 и Th4 позвонков показатели ширины основания дуг незначительно уменьшаются с последующим увеличением значений до Th11 позвонка (7,3±2,3), затем уменьшаются до уровня L1 позвонка (6,1±2,0) и снова постепенно увеличиваются до уровня L5 (13,4±2,5).

Для значений lngd характерна следующая закономерность: по вогнутой стороне деформации с уровня Th2 до Th6 позвонков (10,5±2,2) величина высоты основания дуг позвонков постепенно уменьшается, затем с уровня Th6 до Th11 (19,0±3,1) отмечается увеличение показателей с последующим уменьшением к уровню L5 позвонка (13,0±1,5). По выпуклой стороне искривления значения показателей высоты основания дуг позвонков увеличиваются с уровня Th2 до Th11 позвонка (16,7±2,8) с незначительным уменьшением величины на уровне Th8 (13,5±1,5) и постепенным уменьшением значения высоты основания дуг позвонков с уровня Th11 до L5 позвонка.

В таблице 2 вычислены площади левых и правых корней дуг позвонков путем произведения ширины на высоту. Анализ изменений площадей корней дуг показал следующие закономерности. По вогнутой стороне деформации отмечается уменьшение площади основания дуги с уровня Th2 до Th7 позвонка (35,8±15,2) практически в 2 раза, затем площадь основания дуг увеличивается от Th7 к Th11 позвонку, достигая максимума на этом уровне (153,6±54,1). В зоне грудопоясничного перехода с уровня Th11 до L1 отмечается уменьшение площади основания дуги (97,0±33,4) с постепенным увеличением значений в каудальном направлении. По выпуклой стороне искривления наблюдается иная картина. С уровня Th2 до Th3 позвонка площадь основания дуг уменьшается с последующим увеличением до Th11 позвонка (122,2±43,8). В зоне грудопоясничного перехода значение показателей уменьшается до L1 позвонка (90,4±40,4) с постепенным увеличением к уровню L5 позвонка.

Таким образом, размеры площадей основания дуг позвонков на протяжении дуги деформации у пациентов с идиопатическим сколиозом типа Lenke III по вогнутой и выпуклой сторонам искривления продемонстрировали идентичную закономерность изменения их абсолютным значениям.

С целью сравнения распределения диаметров правых и левых основания дуг отдельно для грудных и поясничных позвонков к показателям *trd* и *lngd* применяли многомерный дисперсный анализ (см. табл. 3). Результаты применения критерия Хотеллинга (статистика T2) позволяют говорить об однозначном и контрастном различии в совокупностях ширины основания дуг позвонков в грудном отделе и длины основания дуг позвонков в поясничном отделе. При этом отмечается незначительная в совокупности разница ширины в поясничном отделе и пограничная в совокупности разница высоты основания дуг в грудном отделе.

Критерии Колмогорова – Смирнова и Лиллиефорса для всех четырех характеристик позвонка, а также и для площадей оснований правой и левой дуг не показали значимого отличия от нормального распределения данных для всех позвонков ($p > 0,05$).

С целью оценки анатомо-антропометрических особенностей позвонков, входящих в дугу

деформации, построили диаграммы Тьюки (рис. 2). Визуальный анализ диаграмм позволил более детально оценить и подтвердить различия между диаметрами правых и левых оснований дуг позвонков, установленные выше с помощью статистики Хотеллинга. На рисунке 3 отмечена значительная разница в значениях ширины основания дуг позвонков в области грудных апикальных позвонков и незначительная разница для медиан поясничных апикальных позвонков, а также значительная разница высоты правых и левых оснований дуг позвонков поясничного отдела.

В ходе исследования проводили расчет коэффициентов асимметрии поперечного, продольного диаметра и площади оснований дуг позвонков у детей с идиопатическим сколиозом на протяжении искривления, что позволило провести сравнительную оценку этих показателей с выпуклой и вогнутой сторон деформации между собой (табл. 4). Для визуализации разницы величин площадей основания дуг позвонков были построены диаграммы Тьюки (рис. 4).

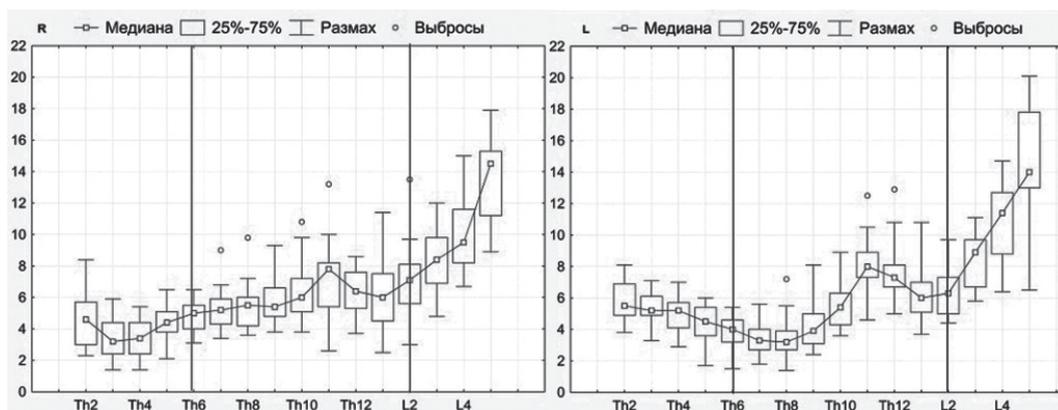


Рис. 2. Сравнение распределений медиан ширины основания дуг позвонков. Вертикальные линии – медианы грудного и поясничного апикальных позвонков (АП)

Fig. 2. Comparison of distribution for medians of pedicle width. Vertical lines – medians of thoracic and lumbar apical vertebrae

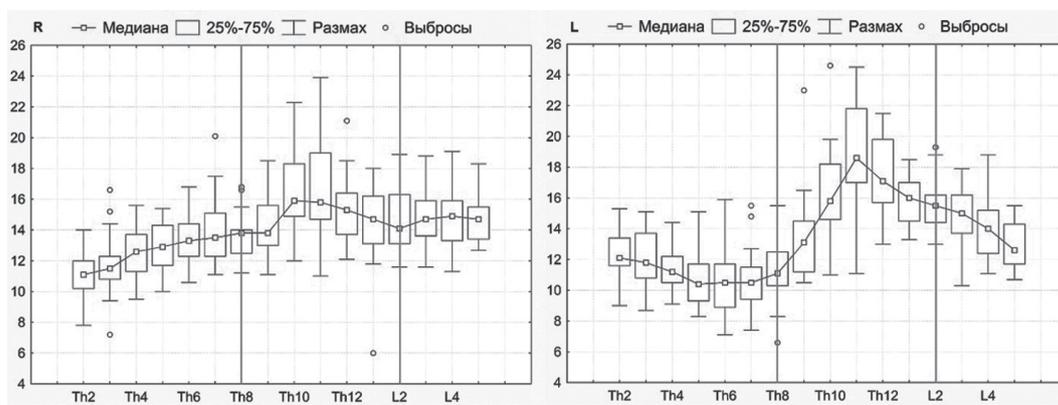


Рис. 3. Сравнение распределений медиан высоты основания дуг позвонков

Fig. 3. Comparison of distribution for medians of pedicle height

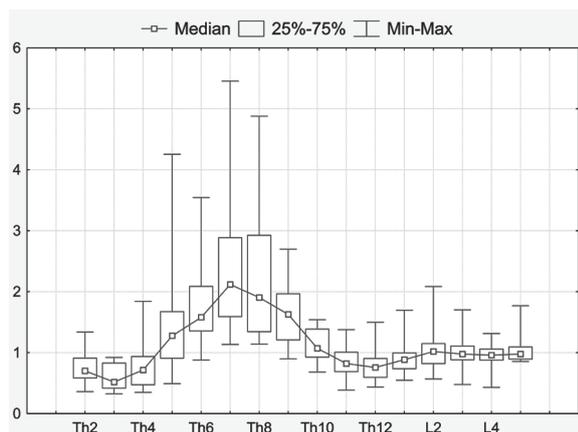


Рис. 4. Показатели коэффициентов асимметрии площадей оснований дуг позвонков представлены в виде медианы, минимума и максимума

Fig. 4. Asymmetry coefficients of pedicle squares, presented in form of a median, minimum and maximum

Анализ коэффициента асимметрии ширины основания дуг позвонков выявил следующие особенности: в поясничном отделе коэффициент асимметрии приближался к единице, с наимень-

шим значением на уровне L5 позвонка (0,87). В грудном отделе KAtрд имел большее отклонение от единицы разнонаправленного характера, с наибольшими значениями на уровне Th3 (0,63) и Th7 позвонков (1,70). При анализе коэффициента асимметрии высоты основания дуг позвонков было отмечено, что все значения KAlngd были приближены к единице, наибольшее отклонение отмечено на уровне Th5-Th8 позвонков, максимальное — на уровне Th6 (1,30), Th11 и Th12 позвонков (0,85; 0,89).

Анализируя изменение коэффициента асимметрии площадей оснований дуг позвонков можно отметить четкую закономерность: KAS имеет максимальное отклонение от единицы на уровне Th3 позвонка (0,52), что говорит о почти двукратном преобладании размеров оснований дуг по вогнутой стороне по сравнению с выпуклой. После этого значения KAS постепенно увеличиваются, достигая максимума на уровне Th7, Th8 позвонков (2,12; 1,90). Это говорит о том, что размеры площадей основания дуг по выпуклой стороне превышают значения площадей по вогнутой стороне в два раза. На уровне Th11, Th12 позвонков значения KAS уменьшаются, достигая 0,82 и 0,76 соответственно.

Таблица 4

Коэффициенты асимметрии для ширины, высоты и площади оснований дуг позвонков пациентов со сколиозом типа Lenke III (n = 23). Значения представлены в виде медианы [Minimum; Maximum]

Позвонок	Поперечный диаметр	Продольный диаметр	Площадь
	KAtрд	KAlngd	KAS
Th2	0,80 [0,45 ; 1,14]	0,90 [0,76 ; 1,18]	0,70 [0,36 ; 1,34]
Th3	0,63 [0,39 ; 0,87]	0,97 [0,67 ; 1,34]	0,52 [0,33 ; 0,92]
Th4	0,72 [0,40 ; 1,29]	1,07 [0,76 ; 1,43]	0,71 [0,35 ; 1,84]
Th5	0,94 [0,47 ; 2,74]	1,21 [0,95 ; 1,81]	1,28 [0,49 ; 4,25]
Th6	1,25 [0,91 ; 2,27]	1,30 [0,81 ; 2,24]	1,58 [0,88 ; 3,54]
Th7	1,70 [1,10 ; 2,86]	1,23 [0,89 ; 2,01]	2,12 [1,14 ; 5,45]
Th8	1,50 [1,02 ; 3,00]	1,14 [0,94 ; 2,09]	1,90 [1,14 ; 4,88]
Th9	1,53 [0,87 ; 2,31]	1,06 [0,72 ; 1,43]	1,63 [0,90 ; 2,70]
Th10	1,17 [0,67 ; 1,53]	0,98 [0,76 ; 1,26]	1,07 [0,68 ; 1,54]
Th11	0,94 [0,46 ; 1,69]	0,85 [0,71 ; 1,42]	0,82 [0,38 ; 1,38]
Th12	0,85 [0,51 ; 1,28]	0,89 [0,66 ; 1,23]	0,76 [0,44 ; 1,50]
L1	0,96 [0,60 ; 1,61]	0,92 [0,81 ; 1,18]	0,89 [0,55 ; 1,70]
L2	1,05 [0,67 ; 1,73]	0,92 [0,78 ; 1,20]	1,02 [0,57 ; 2,08]
L3	1,00 [0,56 ; 1,26]	0,97 [0,85 ; 1,36]	0,98 [0,48 ; 1,70]
L4	0,97 [0,65 ; 1,16]	1,07 [0,67 ; 1,19]	0,96 [0,43 ; 1,31]
L5	0,87 [0,67 ; 1,58]	1,12 [0,93 ; 1,33]	0,98 [0,86 ; 1,77]

Это лишний раз подчеркивает имеющуюся выраженность структуральных изменений костных структур тел позвонков грудного отдела позвоночника по показателям KAS у пациентов с идиопатическим сколиозом типа Lenke III. Одновременно с этим необходимо отметить, что в поясничном отделе позвоночника значение коэффициентов асимметрии ширины (0,87 на уровне L5 позвонка; 1,05 — на уровне L2), высоты (0,92 на уровне L1 и L2 позвонков; 1,12 — на уровне L5) и площадей основания (0,89 на уровне L1 позвонка; 1,02 — на уровне L2) дуг позвонков приближены к единице. Минимальная разница между показателями коэффициентов асимметрии ширины и высоты оснований дуг позвонков поясничного отдела, а также коэффициентами асимметрии площадей и приближение их к значению единицы говорит о наличии умеренно выраженных структуральных изменений костных структур в этом отделе позвоночника.

Анализ методом корреляционных плеяд В.П. Терентьева был проведен для десяти анатомо-антропометрических параметров и их показателей костных структур тел позвонков на протяжении дуг искривления (рис. 5).

В результате проведенного анализа в ходе исследования выявлена плеяда $|r| = 0,7$ (сплошная линия на рис. 5а), состоящая из признаков РАП, KAS, KAtrd и KAlng. Эти данные подчеркивают сильную связь РАП с асимметрией дуг в грудном отделе, причем последняя четко выражена всеми тремя индексами. Кроме связи этих индексов на уровне плеяды $|r| = 0,5$ (пунктир на рис. 5 а) прибавляется прямая корреляция с углом деформации по Cobb. Также выделяется сильная отрицательная корреляция между АПIngdL и KAlng для грудных позвонков. При этом сильную отрицательную корреляционную связь (обратно пропорциональную зависимость) имеют значение высоты основания дуг по вогнутой стороне и коэффициент асимметрии высоты основания дуг грудных позвонков. На диаграмме, построенной для поясничного отдела позвоночника (рис. 5 б), отмечено отсутствие отрицательных корреляционных связей между изучаемыми показателями костных структур тел позвонков на протяжении основной дуги искривления. Однако прослеживается менее сильная прямая корреляционная связь между KAS, KAtrd. Индексы KAtrd, KAlng и KAS, являясь отношением произведений размеров правых дуг на размеры левых,

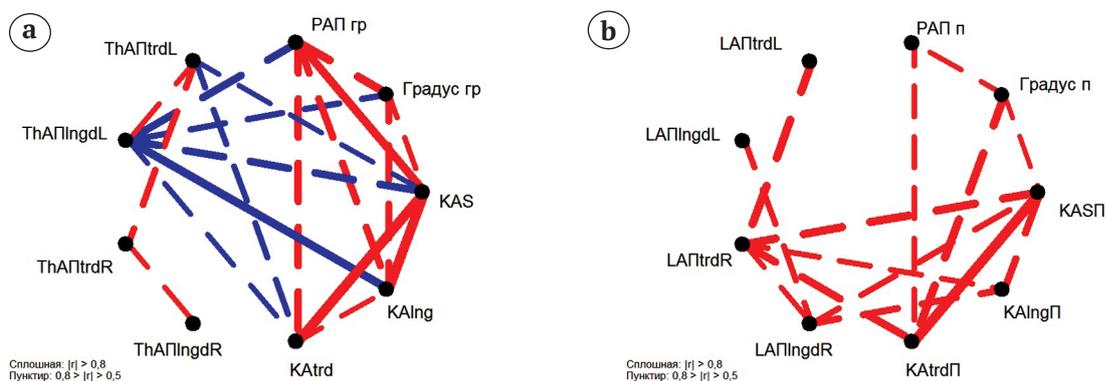


Рис. 5. Диаграмма корреляционных плеяд В.П. Терентьева:

а — грудной отдел позвоночника; б — поясничный отдел позвоночника.

Сплошная линия — значения коэффициента корреляции Пирсона r , по модулю превышающие 0,8: $|r| > 0,8$; пунктир: диапазон $0,5 < |r| < 0,8$; толщина линий пропорциональна соответствующим значениям модуля r . Красные линии — положительная связь ($r > 0$), синие — отрицательная ($r < 0$). Градус — гр; Градус п — углы деформации по Cobb в грудном и поясничном отделах позвоночника, соответственно. РАП — ротация апикального позвонка; АП — апикальный позвонок; L — левое основание дуги позвонка; R — правое основание дуги позвонка; trd — ширина основания дуги позвонка; lngd — высота основания дуги позвонка; KAS — коэффициент асимметрии площадей основания дуг позвонка; KAtrd — коэффициент асимметрии ширины оснований дуг позвонка; KAlngd — коэффициент асимметрии высоты оснований дуг позвонка

Fig. 5. Diagram of correlation constellations of V.P. Terentiev:

a — thoracic spine; b — lumbar spine. Continuous line — Pearson correlation coefficient (r) above 0,8: $|r| > 0,8$;

dotted line: range $0,5 < |r| < 0,8$; line thickness are proportional to corresponding r -values. Red lines — positive correlation ($r > 0$), blue — negative ($r < 0$). «Градус гр», «Градус п» — deformity angles according to Cobb in thoracic and lumbar spine respectively. «РАП» — rotation of apical vertebra; «АП» — apical vertebra; L — left pedicle; R — right pedicle; trd — width of pedicle; lngd — height of pedicle; KAS — coefficient of asymmetry of pedicle squares; KAtrd — coefficient of asymmetry for pedicle width; KAlngd — coefficient of asymmetry for pedicle height

естественно, прямо пропорциональны «правым» диаметрам и обратно пропорциональны «левым». Важно отметить, что все три показателя асимметрии наиболее сильно связаны с размерами левых дуг — в грудном отделе, и с размерами правых — в поясничном. В обоих случаях асимметрия определяется дугами вогнутой стороны.

Обсуждение

При коррекции деформации позвоночника у детей с помощью металлоконструкций с транспедикулярными опорными элементами не всегда удается установить винты в тела позвонков на протяжении всего деформированного отдела позвоночника [23, 24], особенно в верхне- и среднегрудном отделах, по причине малых размеров корней дуг позвонков и выраженных пространственных изменений соотношений основания дуги и тела позвонка в результате ротационного компонента искривлений [10, 25]. Учитывая этот факт, изучение параметров костных структур тел позвонков и их пространственные взаимоотношения у детей с различными типами идиопатического сколиоза является важной и актуальной задачей научных исследований. Оценка анатомо-антропометрических особенностей костных структур на протяжении основной дуги деформации, по данным некоторых авторов, позволяет провести рациональное предоперационное планирование расположения транспедикулярных опорных элементов для каждого типа идиопатического сколиоза, а также осуществить их корректную установку в ходе операции [22, 26]. Чаще всего изучение параметров костных структур тел позвонков у пациентов с идиопатическим сколиозом проводится на основании данных лучевых методов исследования [12, 15, 27]. Однако, по данным ряда авторов, оценка анатомических величин костных структур на основании предложенных методов исследования подвержена достаточно значимой погрешности получаемых результатов, особенно ротационного компонента искривления. В последние годы появились исследования, которые с целью визуализации и оценки анатомо-антропометрических параметров костных структур тел позвонков у пациентов с идиопатическим сколиозом используют 3D-КТ навигационную установку [17, 18, 22, 28, 29]. При сколиотической болезни в организме происходят единые процессы роста позвоночника, что, по данным некоторых исследователей [16, 30], выражается в некоторой схожести градиента диаметров корней дуг позвонков в краниокаудальном направлении. Однако на вершине основной дуги деформации позвоночника размеры диаметров оснований дуг позвонков изменяются в соответствии с развитием сколиотического процесса, что выражается в асимметрии костных структур.

По данным нашего исследования, в зависимости от типа деформации идиопатического сколиоза, количества и структуральности дуг деформации отмечаются определенные закономерности изменений анатомо-антропометрических особенностей оснований дуг позвонков, в частности их поперечные и продольные диаметры. У детей с идиопатическим сколиозом типа Lenke III можно отметить аналогичные изменения показателей на уровне Th3 и Th4 позвонков, которые отмечены у детей с деформацией Lenke I (Открытие 2016 г.) [22].

Анализируя показатели ширины и высоты оснований дуг позвонков и коэффициентов асимметрии для грудного отдела позвоночника при деформации типа Lenke III отмечается наличие выраженных структуральных изменений в грудной дуге деформации по выпуклой и вогнутой стороне искривления, которая у пациентов с этим типом искривления является ведущей [31]. Эти изменения полностью идентичны данным, полученным в ходе изучения анатомо-антропометрических параметров у детей с идиопатическим сколиозом типа Lenke I [22].

При оценке этих же показателей для поясничного отдела позвоночника, отмечается небольшая разница значений показателей и коэффициентов асимметрии по вогнутой и выпуклой сторонам в поясничном отделе позвоночника. Этот факт мы объясняли тем, что поясничная дуга является компенсаторной у детей с данным типом искривления и не имеет значительных анатомо-антропометрических изменений костных структур по сравнению с ведущей грудной дугой искривления. Таким образом, оценивая возможность коррекции деформации типа Lenke III металлоконструкцией с транспедикулярными опорными элементами, опираясь на данные корреляционных связей между величиной угла Cobb и значениями коэффициентов асимметрии ширины и высоты основания дуг в грудном отделе позвоночника, можно сделать следующее заключение. Транспедикулярная фиксация возможна в поясничном отделе и по выпуклой стороне деформации в грудном отделе. По вогнутой стороне деформации грудного отдела при установке транспедикулярных элементов нужно ориентироваться на величину угла основной дуги искривления. Установлено, чем больше величина угла деформации основной дуги, тем более выражен ротационный компонент искривления на вершине деформации и более выражены изменения пространственных соотношений основания дуги и тела позвонка. Следовательно, уменьшается шанс на корректную установку транспедикулярных опорных элементов на этом уровне. Эти результаты имеют значимое практическое значение в ходе проведения хирургического вмешательства.

Заключение

Анализ анатомо-антропометрических параметров костных структур позвонков у детей с идиопатическим сколиозом типа Lenke III позволил выявить определенные особенности, установить закономерности и корреляционные связи, характеризующие данный вариант деформации. В ходе исследования обнаружены выраженные различия абсолютных и относительных показателей костных структур тел позвонков и, как следствие, сила корреляционных связей между ними в грудном и поясничном отделах позвоночника. В грудном отделе позвоночника выявлены более сильные прямо пропорциональные зависимости между коэффициентами асимметрии площадей оснований дуг позвонков, их ширины и высоты, чем в поясничном. Кроме того, обнаружена прямая корреляционная связь между коэффициентом асимметрии площадей основания дуг позвонков и ротацией апикального позвонка. Эти закономерности подтверждают процессы филогенеза, формирующиеся и прогрессирующие в деформированном позвоночнике в процессе роста и развития ребенка. В поясничном отделе позвоночника обнаружена прямо пропорциональная зависимость между коэффициентом асимметрии площадей оснований дуг позвонков и коэффициентом асимметрии ширины оснований дуг позвонков. Таким образом, у детей с идиопатическим сколиозом типа Lenke III наблюдаются выраженные анатомо-антропометрические изменения костных структур грудной дуги искривления и умеренные структуральные изменения в поясничном отделе позвоночника.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Литература [References]

- Negrini S., De Mauroy J.C., Grivas T.B., Knott P., Kotwicki T., Maruyama T. et al. Actual evidence in the medical approach to adolescents with idiopathic scoliosis. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2014;50(1):87-92.
- Lenke L.G., Betz R.R., Clements D., Merola A., Hafer T., Lowe T. et al. Curve prevalence of a new classification of operative adolescent idiopathic scoliosis: does classification correlate with treatment? *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27(6):604-611.
- Виссарионов С.В., Соболев А.В., Ефремов А.М. Хирургическая коррекция деформации позвоночника при идиопатическом сколиозе: история и современное состояние (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России.* 2013;(1):138-145. DOI:10.21823/2311-2905-2013-0-1-4-18. Vissarionov S.V., Sobolev A.V., Efremov A.M. [Surgical correction of spinal deformity in idiopathic scoliosis: the history and current state (review)]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2013;(1):138-145. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2013-0-1-4-18.
- Васюра А.С., Новиков В.В., Михайловский М.В., Долотин Д.Н., Суздалов В.А., Сорокин А.Н., Удалова И.Г. Хирургическое лечение сколиоза с применением метода транспедикулярной фиксации. *Хирургия позвоночника.* 2011;(2):27-34. DOI: 10.14531/ss2011.2.27-34. Vasyura A.S., Novikov V.V., Mikhailovsky M.V., Dolotin D.N., Suzdalov V.A., Sorokin A.N., Udalova I.G. [Surgical treatment of scoliosis using transpedicular fixation]. *Hirurgia pozvonocnika* [Journal of Spine Surgery]. 2011;(2):27-34. (In Russ.). DOI: 10.14531/ss2011.2.27-34.
- Yilmaz G., Borkhuu B., Dhawale A.A., Oto M., Littleton A.G., Mason D.E. et al. Comparative analysis of hook, hybrid, and pedicle screw instrumentation in the posterior treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop.* 2012;32(5):490-499. DOI: 10.1097/BPO.0b013e318250c629.
- Ветрилэ С.Т., Кулешов А.А., Швец В.В., Кисель А.А., Ветрилэ М.С., Гусейнов В.Г. Концепция оперативного лечения различных форм сколиоза с использованием современных технологий. *Хирургия позвоночника.* 2009;(4):21-30. DOI: 10.14531/ss2009.4.21-30. Vetrile S.T., Kuleshov A.A., Shvets V.V., Kisel A.A., Vetrile M.S., Guseinov V.G. [The concept of surgical treatment of various forms of scoliosis using modern technologies]. *Hirurgia pozvonocnika* [Journal of Spine Surgery]. 2009;(4):21-30. (In Russ.). DOI: 10.14531/ss2009.4.21-30.
- Parent S., Labelle H., Skalli W., Latimer B., de Guise J. Morphometric analysis of anatomic scoliotic specimens. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27(21):2305-2311. DOI: 10.1097/01.BRS.0000030303.02003.2E.
- Liljenqvist U.R., Link T.M., Halm H.F. Morphometric analysis of thoracic and lumbar vertebrae in idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000;25:1247-1253. DOI: 10.1097/00007632-200005150-00008.
- Кокушин Д.Н., Виссарионов С.В., Барт В.А. Оценка анатомо-антропометрических параметров костных структур позвонков у детей с идиопатическим сколиозом с использованием навигации. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2015;11(2):207-211. Режим доступа: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7707>. Kokushin D.N., Vissarionov S.V., Bart V.A. [Evaluation of anatomical and anthropometric parameters of bone structures of the vertebrae in children with idiopathic scoliosis using navigation]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2015;11(2):207-211. (In Russ.). Available from: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7707>.
- 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(1):22-28. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31823162ef.
- Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Белянчиков С.М., Мурашко В.В., Картавенко К.А., Надиров Н.Н. Хирургическое лечение детей с идиопатическим сколиозом типа Lenke I с применением тотальной транспедикулярной фиксации. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2014;2(2):3-8. DOI: 10.17816/PTORS223-8. Vissarionov S.V., Kokushin D.N., Belyanchikov S.M., Murashko V.V., Kartavenko K.A., Nadirov N.N. [Surgical treatment of children with idiopathic scoliosis of Lenke type I with the use of total transpedicular fixation].

- Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2014;2(2):3-8. (in Russ.) DOI: 10.17816/PTORS223-8.
12. Tian N.F., Huang Q.S., Zhou P., Zhou Y., Wu R.K., Lou Y., Xu H.Z. Pedicle screw insertion accuracy with different assisted methods: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Eur Spine J.* 2011;20(6):846-859. DOI: 10.1007/s00586-010-1577-5.
 13. Rafi S., Munshi N., Abbas A., Shaikh R.H., Hashmi I. Comparative analysis of pedicle screw versus hybrid instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis surgery. *J Neurosci Rural Pract.* 2016;7(4):550-553. DOI: 10.4103/0976-3147.185510.
 14. Виссарионов С.В. Технологии коррекции деформаций позвоночника транспедикулярными спинальными системами у детей с идиопатическим сколиозом. *Хирургия позвоночника.* 2013;(1):21-27. Vissarionov S.V. Approaches to spinal deformity correction using transpedicular systems in children with idiopathic scoliosis. *Hirurgia pozvonocnika* [Journal of Spine Surgery]. 2013;(1):21-27. (In Russ.). DOI:10.14531/ss2013.1.21-27.
 15. Catan H., Buluc L., Anik Y., Ayyildiz E., Sarlak A.Y. Pedicle morphology of the thoracic spine in preadolescent idiopathic scoliosis: magnetic resonance supported analysis. *Eur Spine J.* 2007;16(8):1203-1208. DOI: 10.1007/s00586-006-0281-y.
 16. Vaccaro A.R., Rizzolo S.J., Allardyce T.J., Ramsey M., Salvo J., Balderston R.A., Cotler J.M. Placement of pedicle screws in the thoracic spine. Part I: Morphometric analysis of the thoracic vertebrae. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77(8):1193-1199.
 17. Губин, А.В., Рябых С.О., Бурцев А.В. Ретроспективный анализ мальпозиции винтов после инструментальной коррекции деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника. *Хирургия позвоночника.* 2015;12(1):8-13. DOI: 10.14531/ss2015.1.8-13. Gubin A.V., Ryabykh S.O., Burtsev A.V. [Retrospective analysis of screw malposition following instrumented correction of thoracic and lumbar spine deformities]. *Hirurgia pozvonocnika* [Journal of Spine Surgery]. 2015;12(1):8-13. (In Russ.). DOI: 10.14531/ss2015.1.8-13.
 18. Shimizu M., Takahashi J., Ikegami S., Kuraishi S., Shimizu M., Futatsugi T., Oba H., Kato H. Are pedicle screw perforation rates influenced by registered or unregistered vertebrae in multilevel registration using a CT-based navigation system in the setting of scoliosis? *Eur Spine J.* 2014;23(10):2211-2217. DOI: 10.1007/s00586-014-3512-7.
 19. 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(1):22-8. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31823162ef.
 20. Ughwanogho E. Patel N.M., Baldwin K.D., Sampson N.R., Flynn J.M. Computed tomography-guided navigation of thoracic pedicle screws for adolescent idiopathic scoliosis results in more accurate placement and less screw removal. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012;37(8):E473-478. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318238bbd9.
 21. 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;10(2):145-150. DOI: 10.1007/s11701-016-0587-7.
 22. 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; 13(1):27-36. DOI: 10.14531/ss2016.1.27-36 Kokushin D.N., Vissarionov S.V., Baindurashvili A.G., Bart V.A. [Analysis of anatomical and anthropometric parameters of vertebrae in children with thoracic idiopathic scoliosis using 3D-CT-navigation]. *Hirurgia pozvonocnika* [Journal of Spine Surgery]. 2016; 13(1):27-36 (In Russ.). DOI: 10.14531/ss2016.1.27-36.
 23. 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;32(5):490-499. DOI: 10.1097/BPO.0b013e318250c629.
 24. Modi H.N., Suh S.W., Hong J.Y., Yang J.H. Accuracy of thoracic screw using ideal pedicle entry point in severe scoliosis. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468(7):1830-1837. DOI: 10.1007/s11999-010-1280-1.
 25. Karatoprak O., Unay K., Tezer M., Ozturk C., Aydogan M., Mirzanli C. Comparative analysis of pedicle screw versus hybrid instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis surgery. *J Neurosci Rural Pract.* 2016;7(4): 550-553. DOI: 10.4103/0976-3147.185510.
 26. Meng X.T., Guan X.F., Zhang H.L., He S.S. Computer navigation versus fluoroscopy-guided navigation for thoracic pedicle screw placement: a meta-analysis. *Neurosurg Rev.* 2016;39(3):385-391. DOI: 10.1007/s10143-015-0679-2.
 27. Bennett J.T., Hoashi J.S., Ames R.J., Kimball J.S., Pahys J.M., Samdani A.F. The posterior pedicle screw construct: 5-year results for thoracolumbar and lumbar curves. *J Neurosurg Spine.* 2013;19(6):658-663. DOI: 10.3171/2013.8.SPINE12816.
 28. Mason A., Paulsen R., Babuska J.M., Rajpal S., Burneikiene S., Nelson E.L., Villavicencio A.T. The accuracy of pedicle screw placement using intraoperative image guidance systems. *J Neurosurg Spine.* 2014;20(2):196-203. DOI: 10.3171/2013.11.SPINE13413.
 29. Du J.P., Fan Y., Wu Q.N., Wang D.H., Zhang J., Hao D.J. Accuracy of Pedicle Screw Insertion Among 3 Image-Guided Navigation Systems: Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurg.* 2018;109:24-30. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.07.154.
 30. Zindrick M.R., Wiltse L.L., Doornik A., Widell E.H., Knight G.W., Patwardhan A.G., Thomas J.C., Rothman S.L., Fields B.T. Analysis of the morphometric characteristics of the thoracic and lumbar pedicles. *Spine (Phila Pa 1976).* 1987;12(2):160-166.
 31. Lenke L.G., Betz R.R., Harms J., Bridwell K.H., Clements D.H., Lowe T.G., Blanke K. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83-A(8): 1169-1181.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Виссарионов Сергей Валентинович — д-р мед. наук, профессор, заместитель директора по научной и учебной работе, научный руководитель отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России; профессор кафедры детской травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Кокوشин Дмитрий Николаевич — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

Филиппова Александра Николаевна — очный аспирант, ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

Баиндурашвили Алексей Георгиевич — д-р мед. наук, профессор, академик РАН, директор, ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России; заведующий кафедрой детской травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Барт Виктор Александрович — канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры общей математики и информатики, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет»; зав. НИЛ биостатистики, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Хусаинов Никита Олегович — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Sergey V. Vissarionov — Dr. Sci. (Med.), professor, deputy director for scientific and academic affairs, Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics; professor of Traumatology and Orthopaedics Department, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Dmitriy N. Kokushin — Cand. Sci. (Med.), research associate, Department of Spine Pathology and Neurosurgery, Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Aleksandra N. Filippova — PhD student, Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Alexey G. Baindurashvili — Dr. Sci. (Med.), professor, member for Russian Academy of Science, director, Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics; head of Traumatology and Orthopaedics Department, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Viktor A. Bart — Cand. Sci. (Phys and Math), associate professor, Department of General Mathematics and Informatics, St. Petersburg State University; head of Research Laboratory of Biostatistics, Almazov National Medical Research Centre, St. Petersburg, Russian Federation

Nikita O. Khusainov — Cand. Sci. (Med.), research associate, Department of Spine Pathology and Neurosurgery, Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation