Топографические проявления и критерии мобильных деформаций позвоночника

Д.В. Долганов, С.В. Колесников, Т.И. Долганова

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. академика Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия

Topographic manifestations and criteria of mobile spine deformities

D.V. Dolganov, S.V. Kolesnikov, T.I. Dolganova

Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia

Цель. Определить топографические проявления и критерии мобильности деформаций позвоночника. **Материалы и методы.** Методом компьютерной оптической топографии обследованы 12 пациентов в возрасте 10-27 лет с клиническими и рентгенологическими признаками сколиоза 2-3 степени (по В.Д. Чаклину). Группа включения: пациенты с высокими позитивными результатами консервативного лечения и с диагностическим несоответствием между методами рентгено- и топографии. **Результаты.** Установлено, что в масштабе реального обследования топографический мониторинг поструральной активности туловища пациентов при стоянии до 3 минут позволяет выявлять мобильные проявления деформаций позвоночника в виде произвольного и непроизвольного варьирования их угловых характеристик в компенсированных и декомпенсированных формах с усилением или ослаблением признаков патологии. В инструментальном контроле высокая мобильность проявлялась следующими типами сочетаний рентгено- и топограмм: 1 – рентгенографические и топографические признаки деформаций позвоночника совпадали по локализации, но значительно (более 4°) отличались по степени выраженности; 2 – при наличии R-признаков сколиотической деформации позвоночника их топографические аналоги в ортостатике либо не выявлялись, либо регистрировались только в конце пролонгированного обследования. **Заключение.** О степени мобильности деформаций позвоночника в ортостатике и её динамике можно судить по диапазону числовых значений угла латеральной асимметрии (S1_LA) – топографического аналога R-угла Кобба. Чем меньше размах его произвольного и непроизвольного пострурального варьирования, тем ниже мобильность деформаций позвоночника. При высокой мобильности деформаций позвоночника угол латеральной асимметрии варьирует в диапазоне значений более 7°.

Ключевые слова: топографический мониторинг, поструральная ортостатическая активность, позвоночник, мобильные деформации, угловые деформации, вариативность

Purpose To determine topographic manifestations and mobility criteria in spine deformities. **Materials and methods** Twelve patients aged from 10 to 27 years with clinical and radiographic signs of scoliosis of grades 2 to 3 (according to V.D. Chaklin) were examined using computer optical topography. Inclusion group was patients with high positive results of conservative treatment and with a diagnostic mismatch between the methods of radiography and topography. **Results** It was established that on the scale of a live examination a topographic monitoring of the postural activity of the patient's trunk in a standing position up to 3 minutes enables to reveal mobile manifestations of spine deformities in the form of arbitrary and involuntary variation of their angular characteristics in compensated and decompensated types with strengthening or weakening of the pathology signs. By instrumental control, high mobility was manifested by the following types of combinations of X-rays and topograms: 1) radiographic and topographic signs of spinal deformities coincided in location but significantly (more than 4°) differed in severity grade; 2) in the presence of radiographic signs of scoliotic deformity, their topographic analogs in orthostatics were either not detected or were recorded only at the end of a prolonged examination. **Conclusion** The degree of mobility of spinal deformities in orthostatics and its dynamics can be judged from the range of numerical values of the lateral asymmetry angle (S1_LA), the topographic analogue of the Cobb angle. The smaller is the range of its arbitrary and involuntary postural variations the lower is the mobility of spinal deformities. In a high mobility of spinal deformities, the lateral asymmetry angle varies over a range of values greater than 7°.

Keywords: topographic monitoring, postural orthostatic activity, spine, mobile deformities, angular deformities, variability

ВВЕДЕНИЕ

Большинство исследователей подчеркивают, что величина хирургической коррекции деформации позвоночника зависит от ее исходной мобильности [1, 2]. Поэтому традиционно, с начала корригирующей хирургии, оценка мобильности деформаций была важна для определения её структуральности, выбора уровня фиксации, сохранения надежной коррекции и предотвращения декомпенсации – главных аспектов корригирующей хирургии при сколиозе. По мнению ряда исследователей [3], рентгенограммы в положении лежа используются лишь для оценки естественной мобильности деформации, но не дают представления о максимально возможных значениях ее мобильности при нагрузках. В результате послеоперационная «степень коррекции» дает представление о величине исправления деформации,

достигнутой в каждом индивидуальном наблюдении, но не позволяет адекватно сравнивать или оценивать различные клинические случаи, поскольку не учитывается исходная мобильность деформированного позвоночника. В этой связи появляются публикации, в которых авторы [4] предлагают результаты инструментальной коррекции деформации позвоночника в обязательном порядке сравнивать с его исходной мобильностью. Из-за большого числа [5, 6] различных способов рентгенологической оценки мобильности деформаций не существует общепринятого её критерия. Однако, согласно последним публикациям [7], мобильными предлагают считать деформации, при которых величины основной дуги искривления в условиях моделируемой нагрузки по рентгенограммам изменяются более чем на 30 %

от начальных величин, а при фиксированном сколиозе деформация не должна нарастать более чем на 5° при R-обследовании с интервалом в 4 часа [8].

Учитывая актуальность проблем, связанных с оценкой мобильности тяжелых деформаций позвоночника в корригирующей хирургии, мы не нашли в доступной литературе аналогичных попыток ее решения при консервативном лечении.

Вместе с тем, в информационных источниках эпидемиологически появляются данные о случаях очень эффективного консервативного воздействия при лечении сколиотических деформаций позвоночника. Например, в описании изобретения к патенту [9] демонстрируются клинические примеры пациенток с идиопатическим сколиозом III степени (по В.Д. Чаклину). У одной из них через 2 месяца после лечебного курса импульсной магнитной терапии при объективном подтверждении в выходных формах компьютерной оптической топографии уменьшение угловой деформации составило 14,7° (с 44,1° до 29,4°). Причину таких позитивных преобразований за 2-месячный интервал наблюдения связывать только с воздействием импульсного магнитного поля было бы ошибочно. Основаниями для такого сомнения послужили следующие доводы:

– с учетом очень высокого уровня резистентности к средствам консервативной терапии и низких значений корреклируемых величин [10] темпы такой коррекции не только чрезмерны для средств консервативной терапии, но и для сопоставления с вероятностной величиной прогрессирования деформации согласно степени её тяжести и возраста пациентки;

– в сравнении с другим примером, где уменьшение угловой деформации у пациентки того же возраста и такой же степени искривления по данным компьютерной оптической топографии составило 7,4°, разница в эффективности оказалась почти 100 %.

Предполагаем, что истинные причины высоких показателей эффективности находятся не в оказываемом воздействии (оно в обоих случаях одинаковое), а в индивидуальных особенностях сравниваемых деформаций позвоночника – их мобильности. Так как мобильность до 35 % регистрируется и при тяжелых степенях деформации [11], то её наличие в меньшей степени должно проявляться и при менее тяжелых формах заболевания.

Цель – в условиях ортостатической активности определить топографические проявления и критерии мобильности деформаций позвоночника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследованы пациенты (12 человек) в возрасте от 10 до 27 лет с клиническими и рентгенологическими признаками искривлений позвоночника 2-3 степени (по В.Д. Чаклину). Группа включения: пациенты с неожиданно высокими позитивными результатами консервативного лечения и с диагностическим несоответствием между методами традиционной рентгенографии и компьютерной оптической топографии.

Выделены следующие типы сочетаний R- и топограмм:

1. Пациенты, у которых рентгенологические и топографические признаки деформаций позвоночника практически совпадали по локализации, но парадоксально отличались по степени выраженности (5 человек). У обследованных этой категории рентгенологические признаки деформаций позвоночника в положении лежа проявлялись сильнее, чем аналогичные топографические признаки искривлений в ортостатике. Например, если по R-граммам в положении лежа угол Кобба соответствовал 32° на уровне L2, то его топографический аналог с той же локализацией – только 27,6°.

2. Пациенты с R-признаками сколиотических деформаций позвоночника, но либо с полным отсутствием в ортостатической постуральной активности наличия топографических признаков сколиоза, либо с их появлением только в конце пролонгированного обследования (2 человека).

3. Пациенты, у которых под влиянием различных средств консервативной терапии обнаружилась неожиданно высокая (более 7°) коррекция угловой деформации (5 человек).

Инструментальный топографический анализ мониторируемой постуральной активности туловища и позвоночника в ортостатике осуществляли оптикоэлектронным методом КОМОТ [12].

Анализировались следующие (рис. 1) топографические показатели угловой деформации позвоночника: S1_LA – угол латеральной асимметрии (топографический аналог R-угла Кобба), S1_RA – угол ротации на вершине дуги искривления и S1_IA – расчетный показатель обобщенного угла искривления по двум предыдущим параметрам. По критерию нормированных отклонений производился автодиагноз доминирующих нарушений в форме позвоночника и туловища (рис. 2). Анализ биомеханических параметров позвоночника по топограммам в динамике постуральной активности позволяет изучать влияние различных фенотипических факторов на характеристики дуг искривления позвоночника не изолированно, а в непосредственной связи с другими элементами конкретной постуральной системы туловища. В зависимости от возможностей обследуемого пространственные характеристики туловища и позвоночника оценивали при пролонгированном стоянии до 3 минут по 7–14 топографическим снимкам. Продолжительность интервалов между снимками составляла от 10 до 20 секунд. Для упрощения восприятия и анализа получаемой информации интересующие параметры выходных форм отображались в виде соответствующих составных таблиц (рис. 2). Табличные результаты обследований, по существу, являлись динамическими моделями контролируемых двигательных стереотипов.

Правостороннее и левостороннее перераспределение опорных нагрузок на конечности осуществлялось за счет моделирования разновысокости ног, для этого под одну из конечностей подкладывались специальные 2-х сантиметровые подставки. Полученные для каждого пациента результаты анализировали по качественным (формализованный топографический диагноз) и количественным изменениям в его постуральном статусе с учетом абсолютного и относительного варьирования ранее перечисленных показателей [13].

проекции туловища

Рис. 1. Топограммы в виде схем биомеханического профиля поструральной системы туловища

Фамилия Имя	Дата облс	PTI	PTI_F	PTI_G	PTI_S	S1_IA	ФП	ГП	СП
Сем. Ва. Любо. Е.	09/04/12	1.4	1.2	1.8	0.9	23.4	ДП-С2	ЗС	ЗС-Ус
Сем. Ва. Любо. Е.	09/04/12	1.4	1.1	1.8	1.0	23.0	ДП-С2	ЗС	ЗС-Ун
Сем. Ва. Любо. Е.	09/04/12	1.4	1.3	1.9	1.0	26.0	ДП-С3	ЗС	ЗС-Ус
Сем. Ва. Любо. Е.	09/04/12	1.4	1.0	1.9	1.3	27.2	ДП-С3	ЗС	ЗС-Ус
Сем. Ва. Любо. Е.	09/04/12	1.4	1.2	1.9	0.8	27.2	ДП-С3	ЗС	ЗН
Сем. Ва. Любо. Е.	09/04/12	1.3	1.0	1.9	0.8	27.1	ДП-С3	ЗС	ЗН
Сем. Ва. Любо. Е.	09/04/12	1.4	1.1	1.9	1.0	26.6	ДП-С3	ЗС	ЗС-Ус
Сем. Ва. Любо. Е.	09/04/12	1.4	1.2	2.0	0.6	27.4	ДП-С3	НО-РО	ЗН
Сем. Ва. Любо. Е.	09/04/12	1.4	1.4	1.8	0.7	27.4	ДП-С3	ЗС	ЗН
Сем. Ва. Любо. Е.	09/04/12	1.4	1.3	1.8	0.9	27.4	ДП-С3	ЗС	ЗН

Рис. 2. ScreenShot выходной формы пролонгированного топографического обследования позной активности за 2-минутный интервал стояния с обобщенными топографическими характеристиками туловища и топографическими диагнозами для фронтальной (ФП), горизонтальной (ГП) и сагиттальной (СП) проекций по десяти топограммам у пациентки С., 13 лет. DS: S-образный идиопатическим сколиоз 3 степени; PTI – общий интегральный индекс нарушения формы туловища, PTI_F – интегральный индекс нарушения формы туловища во фронтальной плоскости, PTI_G – интегральный индекс нарушения в горизонтальной плоскости, PTI_S – интегральный индекс нарушения в сагиттальной плоскости, S1_IA – обобщенный угол доминирующей дуги искривления. Топографические автодиагнозы, соответствующие здоровой норме (ЗН) и здоровой субнорме (ЗС) с усилением физиологической кривизны позвоночника в сагиттальной плоскости (ЗС-Ус), нарушения осанки (НО); в горизонтальной плоскости – ротированной осанке (РО); ДП-С2 и ДП-С3 – деформации позвоночника, соответствующие сколиозу 2-ой и 3-ей степени

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты проведенного исследования показали, что, несмотря на рентгенологически установленные сколиотические деформации II–III степени у тех обследованных, у которых коэффициенты вариации (KV) топографических характеристик деформаций в ортостатических стереотипах были более 15 %, имели пострурально корректируемые неригидные искривления функциональной природы с последующей всегда положительной динамикой наблюдения. У пациентов в привычной ортостатике с коэффициентом вариации (KV) характеристик дуг искривления позвоночника менее 15 % регистрировалась только отрицательная динамика, и при моделировании разновысокости ног удавалось добиваться исправления кривизны дуг позвоночника только частично. Кроме того, в условиях разновысокости у таких пациентов регистрируемые величины KV только снижались.

Влияние степени варьирования угловых деформаций в ортостатических двигательных стереотипах наблюдалось и в приспособительных ответах опорно-двигательной системы. По топографически формализованным диагностическим критериям приспособительные ответы опорно-двигательной системы существенно отличались и проявлялись у обследо-

ванных пациентов в зависимости от принадлежности к выделенным типам.

Так, у обследуемых I типа в зависимости от степени тяжести деформаций приспособительные ответы опорно-двигательной системы сопровождались топографическими признаками сколиотических деформаций с первых секунд стояния и наблюдались в двух вариантах (пример 1, пример 2).

В приспособительных ответах опорно-двигательной системы у обследуемых II типа топографические признаки сколиотических деформаций либо отсутствовали полностью (пример 3), либо появлялись только после продолжительного стояния в форме поструральной декомпенсации.

При III типе, когда под влиянием различных средств консервативной терапии обнаруживалась неожиданно высокая (более 7°) коррекция угловой деформации, наблюдались все приспособительные ответы опорно-двигательной системы. Единственным отличительным признаком у этих больных была их способность значительно корректировать в поструральной деятельности угловые величины деформаций даже с выраженными структуральными признаками патологии (сколиоз 3 степени).

Пример 1.

Time	LA°	ФП
11:01:50	-28,4	ДП-С2
11:02:18	-27,6	ДП-С2
11:02:34	-32,1	ДП-С3
11:02:58	-32,8	ДП-С3
11:03:12	-33,2	ДП-С3
11:03:26	-34,7	ДП-С3
11:03:48	-33,1	ДП-С3
11:04:11	-33,9	ДП-С3
11:04:34	-33,9	ДП-С3
11:04:54	-33,5	ДП-С3

– в форме наступления поструральной декомпенсации, а именно усиления топографических признаков сколиоза. В статике наблюдается рост отрицательных значений угла латеральной асимметрии (LA°, аналога угла Кобба) в диапазоне значений от (-27,6°) до (-33,9°) со второй степени сколиоза (ДП-С2) до третьей (ДП-С3).

Пример 2.

Time	LA°	ФП
15:02:57	17,0	ДП-С2
15:03:11	15,7	ДП-С2
15:03:24	16,1	ДП-С1
15:03:38	13,4	ДП-С1
15:03:52	12,2	ДП-С1
15:04:06	11,6	ДП-С1
15:04:18	-6,9	НО-ДН
15:04:31	-8,0	НО-ДН
15:04:44	-6,6	НО-ДН
15:04:58	-5,9	НО-ДН

– в форме наступления поструральной компенсации и ослабления сколиотических искривлений. В статике абсолютные значения угла латеральной асимметрии (LA°) уменьшаются с 17° до (-5,9°), т.е. со второй степени сколиоза (ДП-С2) до первой (ДП-С1), а затем и полного исчезновения топографических признаков сколиотической деформации с сохранением нарушений только осанки туловища (НО-ДН).

Пример 3.

Time	LA°	ФП
13:55:42	6,4	ЗС
13:55:59	4,1	ЗС
13:56:12	-3,2	ЗС
13:56:25	0,0	ЗС
13:56:39	-3,9	ЗС
13:56:54	5,5	ЗС
13:57:08	4,6	ЗС
13:57:21	5,7	ЗС
13:57:34	0,0	ЗН
13:57:47	4,7	ЗС

– в статике абсолютные значения угла латеральной асимметрии (LA°) варьируют в диапазоне здоровой нормы (ЗН) и здоровой субнормы (ЗС) от (-3,9°) до 6,4°.

Следует обратить внимание на то, что значительное ортостатическое варьирование угловых деформаций (S1_IA) у пациентов со стереотипами поструральной активности в форме декомпенсированных ответов регистрировалось не только в естественной позе (рис. 2, где показан диапазон варьирования S1_IA с 23,0° до 27,4°). При моделировании разновысокости ног размах варьирования увеличивался еще больше. Так, по обобщенно-

му углу искривления, перераспределение нагрузки на правую ногу сопровождалось уменьшением угловой деформации позвоночника до 20,5°, а при перераспределении опорной нагрузки на левую – увеличением угловой деформации до 29°. При этом, диапазон значений углов латеральной асимметрии (S1_LA), аналога R-угла Кобба, варьировал от (-25°) с подставкой слева до (-37,4°) с подставкой справа.

Т.е. в естественной ортостатике без моделирования разновысокости ног диапазон варьирования по обобщенному углу искривления (S1_IA) не превышал 4,4°, а по углу латеральной асимметрии (S1_LA) – 8,0°, в то время как при моделировании разновысокости диапазоны варьирования расширялись и составили: по обобщенному углу искривления уже 8,5°, а по углу латеральной асимметрии даже 12,4°. Получается, что путем перераспределения опорных нагрузок угловые значения мобильных деформаций способны корректироваться пострурально до 33 % от максимальных значений.

Вместе с тем следует отметить, что в группе обследованных пациентов значительные результаты поструральной коррекции достигались не только соответствующей активностью опорных реакций. В единичных наблюдениях существенные величины поструральной коррекции достигались произвольными действиями, не связанными с перераспределением опорных нагрузок на конечности.

Пример. При первом топографическом обследовании у пациентки Б., 16 лет, с идиопатическим сколиозом III степени максимальные значения угла латеральной асимметрии (S1_LA°) в привычной ортостатике составили 52,1° на уровне Th9, а при произвольной коррекции пострурального стереотипа за счет устранения скручивания плечевого пояса относительно таза на том же уровне только 36,5° (рис. 3, а). В итоге общий размах варьирования угловой деформации в абсолютных величинах составил 15,6°, а в относительных значениях к максимально зарегистрированным величинам – 29,9 %.

Проведенные через месяц повторные топографические обследования до и после моделируемой разновысокости ног, а также сеанса мануальной терапии подтвердили высокий уровень мобильности наблюдаемой деформации. В рассмотренных случаях по степени воздействия произвольная поструральная коррекция оказалась заметно эффективней мануальной терапии и моделируемой разновысокости ног. Относительно зарегистрированного максимума в привычной ортостатике (S1_LA = 55,94°) минимальные значения угловой деформации составили после мануальной терапии 45,53°, при моделируемой разновысокости – 46,55°, а при произвольной поструральной коррекции – 38,88°. То есть, даже через месяц удалось зарегистрировать спонтанные и произвольные изменения в мобильности деформированного позвоночника. Увеличились абсолютные и относительные значения мобильности. Общий размах мобильности составил 17,06°, а в относительных значениях к максимально зарегистрированным величинам – 30,5 %.

Рис. 3. Пример мобильности позвоночной деформации у пациентки Б., 16 лет. DS: идиопатический сколиоз 3 степени: а – по данным топографии при пролонгированном мониторинге в ортостатике; б – R-грамма позвоночника во фронтальной проекции – угол Кобба 52° (Th9); в – R-грамма позвоночника через 1,5 года – угол Кобба 40° (Th9)

Последующая положительная 1,5-годовая R-динамика деформации (рис. 3, б, в) с 52° по Коббу до 40° на том же уровне подтвердила высокую степень мобильности позвоночника и отличный клинический результат по её исправлению на момент обследования. Вместе с тем новые рентгенологически зафиксированные угловые величины деформации в положении

лежа стали основанием для уточнения степени ее постуральной мобильности в условиях ортостатики. При контрольном обследовании через два месяца диапазон мобильности в условиях произвольной постуральной коррекции уменьшился и в абсолютных величинах угла латеральной асимметрии составил только 9,8°, а в величинах, отнесенных к максимальным значениям – 19,2 %.

ОБСУЖДЕНИЕ

В представленных материалах на нескольких клинических примерах продемонстрированы возможности технологии постурального мониторинга по изучению вариативности угловых характеристик позвоночных деформаций с использованием компьютерной оптической топографии. Показано, что в ортостатике угловые характеристики мобильных деформаций позвоночника даже средней степени тяжести способны варьировать в достаточно широком диапазоне значений – более 7°. Кроме того, в зависимости от продолжительности стояния и степени мобильности постуральной системы туловища вариативность в стереотипах постуральной активности при однонаправленной динамике диагностически значимых показателей может проявляться либо в компенсированных (признаки сколиотических деформаций не проявляются, а если проявляются, то не усиливаются), либо декомпенсированных формах (признаки сколиотических деформаций усиливаются или на-

чинают проявляться). Подтвержден ранее установленный постуральный критерий ригидности позвоночных деформаций, в соответствии с которым компенсаторные неструктуральные сколиозы при пробах с коррекцией перекаса таза имеют коэффициенты вариации для показателей обобщенного угла искривления и латеральной асимметрии более 15 % [13]. О степени мобильности деформаций позвоночника в ортостатике и её динамике можно судить по диапазону крайних числовых значений угла латеральной асимметрии (S1_LA) – аналога угла Кобба. Чем меньше размах его варьирования, тем ниже мобильность деформаций позвоночника. При высокой мобильности деформаций угол латеральной асимметрии варьирует в диапазоне значений более 7°, что объясняет существенные диагностические расхождения между рентгенологическими и топографическими обследованиями, особенно у пациентов с неригидными деформациями позвоночника.

ВЫВОДЫ

1. Топографический мониторинг ортостатической активности позволяет изучать и контролировать функциональную лабильность позвоночника не изолированно, а в составе постуральной системы туловища.
2. В приспособительных ответах опорно-двигательной системы мобильные деформации позвоночника характеризуются различной степенью варьирования их угловых параметров и координат локализации дуг искривления.
3. Топографический мониторинг туловища в ортостатике позволяет выявлять компенсированные (при-

- знаки сколиотической деформации не усиливаются) и декомпенсированные (с усилением признаков сколиотической деформации) формы постуральной активности.
4. О степени мобильности деформаций позвоночника в ортостатике можно судить по диапазону крайних числовых значений угла латеральной асимметрии (S1_LA) – аналога угла Кобба. Чем меньше размах его варьирования, тем ниже мобильность деформаций позвоночника. При высокой мобильности деформаций позвоночника угол латеральной асимметрии варьирует в диапазоне значений более 7°.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cotrel-Dubousset instrumentation and vertebral rotation in adolescent idiopathic scoliosis / P.J. Cundy, D.C. Paterson, T.M. Hillier, A.D. Sutherland, J.P. Stephen, B.K. Foster // *J. Bone Joint Surg. Br.* 1990. Vol. 72, no. 4. P. 670-674.
2. Cotrel-Dubousset instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis / L.G. Lenke, K.H. Bridwell, C. Baldus, K. Blanke, P.L. Schoenecker // *J. Bone Joint Surg. Am.* 1992. Vol. 74, no. 7. P. 1056-1067.
3. Standing and supine Cobb measures in girls with idiopathic scoliosis / G. Torell, A. Nachemson, K. Haderspeck-Grib, A. Schultz // *Spine.* 1985. Vol. 10, no. 5. P. 425-427.
4. Дорсальная хирургическая коррекция сколиоза инструментарием Cotrel-Dubousset с предварительной галопельвиктракцией и без нее / С.Т. Ветрилэ, А.А. Кулешов, А.А. Кисель, А.Н. Прохоров, Р.В. Еналдиева // *Хирургия позвоночника.* 2005. № 4. С. 32-39.
5. Indications of proximal thoracic curve fusion in thoracic adolescent idiopathic scoliosis: recognition and treatment of double thoracic curve pattern in adolescent idiopathic scoliosis treated with segmental instrumentation / S.I. Suk, W.J. Kim, C.S. Lee, S.M. Lee, J.H. Kim, E.R. Chung, J.H. Lee // *Spine.* 2000. Vol. 25, no. 18. P. 2342-2349.
6. Vaughan J.J., Winter R.B., Lonstein J.E. Comparison of the use of supine bending and traction radiographs in the selection of the fusion area in adolescent idiopathic scoliosis // *Spine.* 1996. Vol. 21, no. 21. P. 2469-2473.
7. Хирургическая коррекция деформации позвоночника у детей с идиопатическим сколиозом тип Lenke III с применением 3D-КТ навигации / С.В. Виссарионов, Н.Н. Надиров, Д.Н. Кокушин, С.М. Белянчиков, В.В. Мурашко, К.А. Картавенко // *Успехи современного естествознания.* 2015. № 2. С. 14-20.
8. Николаев В.Ф., Барановская И.А., Андриевская А.О. Использование функционально-корректирующего корсета в лечении больных идиопатическим сколиозом // *Гений ортопедии.* 2016. № 1. С. 44-47.
9. Способ лечения идиопатического сколиоза: пат. 2275943 Рос. Федерация. № 2005104846/14; заявл. 22.02.2005; опубл. 10.05.2006, Бюл. № 13.
10. Яшков А.В., Лосев И.И., Шельхманова М.В. Сочетанные физиотерапевтические факторы в консервативном лечении детей со сколиозом II-III степени выраженности // *Курортная медицина.* 2013. № 4. С. 73-78.
11. Михайловский М.В., Фомичев Н.Г. Хирургия деформаций позвоночника. Новосибирск: Изд-во Сибирского ун-та, 2011. 592 с.
12. Сарнадский В.Н., Фомичев Н.Г., Садовой М.А. Мониторинг деформации позвоночника методом компьютерной оптической топографии: пособие для врачей / Новосибирский НИИТО. Новосибирск, 2003. 44 с.
13. Губин А.В., Долганов Д.В. Стереотипы постральной приспособительной активности позвоночника до и после оперативной коррекции укороченной конечности // *Хирургия позвоночника.* 2012. № 4. С. 32-41.

REFERENCES

1. Cundy P.J., Paterson D.C., Hillier T.M., Sutherland A.D., Stephen J.P., Foster B.K. Cotrel-Dubousset instrumentation and vertebral rotation in adolescent idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 1990, vol. 72, no. 4, pp. 670-674.
2. Lenke L.G., Bridwell K.H., Baldus C., Blanke K., Schoenecker P.L. Cotrel-Dubousset instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 1992, vol. 74, no. 7, pp. 1056-1067.
3. Torell G., Nachemson A., Haderspeck-Grib K., Schultz A. Standing and supine Cobb measures in girls with idiopathic scoliosis. *Spine*, 1985, vol. 10, no. 5, pp. 425-427.
4. Vetrile S.T., Kuleshov A.A., Kisel' A.A., Prokhorov A.N., Enaldieva R.V. Dorsal'naia khirurgicheskaya korrektsiia skolioza instrumentarium Cotrel-Dubousset s predvaritel'noi galopel'viktraksiiei i bez nee [Dorsal surgical correction of scoliosis using Cotrel-Dubousset instrumentation with preliminary halopelvic traction and without it]. *Khirurgiia Pozvonochnika*, 2005, no. 4, pp. 32-39. (In Russian)
5. Suk S.I., Kim W.J., Lee C.S., Lee S.M., Kim J.H., Chung E.R., Lee J.H. Indications of proximal thoracic curve fusion in thoracic adolescent idiopathic scoliosis: recognition and treatment of double thoracic curve pattern in adolescent idiopathic scoliosis treated with segmental instrumentation. *Spine*, 2000, vol. 25, no. 18, pp. 2342-2349.
6. Vaughan J.J., Winter R.B., Lonstein J.E. Comparison of the use of supine bending and traction radiographs in the selection of the fusion area in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*, 1996, vol. 21, no. 21, pp. 2469-2473.
7. Vissarionov S.V., Nadirov N.N., Kokushin D.N., Belianchikov S.M., Murashko V.V., Kartavenko K.A. Khirurgicheskaya korrektsiia deformatsii pozvonochnika u detei s idiopatcheskim skoliozom tip Lenke III s primeneniem 3D-KT navigatsii [Surgical correction of spinal deformity in children with Lenke III scoliosis using 3D-CT navigation]. *Uspekhi Sovremennogo Estestvoznaniia*, 2015, no. 2, pp. 14-20. (In Russian)
8. Nikolaev V.F., Baranovskaia I.A., Andrievskaia A.O. Ispol'zovanie funktsional'no-korrigiruiushchego korseta v lechenii bol'nykh idiopatcheskim skoliozom [Use of a functional correcting brace in treatment of patients with idiopathic scoliosis]. *Genij Ortop.*, 2016, no. 1, pp. 44-47. (In Russian)
9. Arsen'ev A.V., Dudin M.G., Mikhailov V.M. *Sposob lecheniia idiopatcheskogo skolioza* [A technique for idiopathic scoliosis treatment]. Patent RF, no. 2275943, 2006. (In Russian)
10. Iashkov A.V., Losev I.I., Shelykmanova M.V. Sochetannye fizioterapevticheskie faktory v konservativnom lechenii detei so skoliozom II-III stepeni vyrazhennosti [Associated physiotherapeutic factors in conservative treatment of children with scoliosis of II-III severity degree]. *Kurortnaia Meditsina*, 2013, no. 4, pp. 73-78. (In Russian)
11. Mikhailovskii M.V., Fomichev N.G. Khirurgiia deformatsii pozvonochnika [Surgery of the spine deformities]. Novosibirsk, Izd-vo Sibirskogo un-ta, 2011. 592 p. (In Russian)
12. Sarnadskii V.N., Fomichev N.G., Sadovoi M.A. Monitoring deformatsii pozvonochnika metodom komp'yuternoi opticheskoi topografii: posobie dlia vrachei [Spinal deformity monitoring by the method of computed optical topography: a manual for physicians]. Novosibirsk, Novosibirskii NIITO, 2003. 44 p. (In Russian)
13. Gubin A.V., Dolganov D.V. Stereotipy postural'noi prispособitel'noi aktivnosti pozvonochnika do i posle operativnoi korrektsii ukorochennoi konechnosti [Stereotypes of the spine postural adaptive activity before and after surgical correction of the shortened limb]. *Khirurgiia Pozvonochnika*, 2012, no. 4, pp. 32-41. (In Russian)

Рукопись поступила 21.03.2016

Сведения об авторах:

1. Долганов Дмитрий Владимирович – ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, лаборатория коррекции деформаций и удлинения конечностей, старший научный сотрудник, к. б. н.
2. Колесников Сергей Владимирович – ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, научный сотрудник лаборатории реконструктивного эндопротезирования и артроскопии.
3. Долганова Тамара Игоревна – ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, лаборатория коррекции деформаций и удлинения конечностей, ведущий научный сотрудник, д. м. н.

Information about the authors:

1. Dmitrii V. Dolganov, Ph.D. of Biological Sciences, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia, Laboratory of Deformity Correction and Limb Lengthening
2. Sergei V. Kolesnikov, M.D., Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia, Laboratory of Reconstructive Arthroplasty and Arthroscopy
3. Tamara I. Dolganova, M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia, Laboratory of Deformity Correction and Limb Lengthening; **Corresponding author:** rjik532007@rambler.ru