

## Сравнительный анализ динамики температурно-болевой чувствительности после коррекции тяжелых и нетяжелых деформаций позвоночника у больных с идиопатическим сколиозом

Е.Н. Щурова, О.Г. Прудникова, С.О. Рябых, С.А. Липин

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

### Comparative analysis of dynamics in thermal pain sensitivity after correction of severe and mild spine deformities in patients with idiopathic scoliosis

E.N. Shchurova, O.G. Prudnikova, S.O. Ryabikh, S.A. Lipin

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

**Введение.** В литературе, несмотря на большое количество научных исследований, посвященных идиопатическому сколиозу, по-прежнему отсутствует инструментальная оценка чувствительной сферы до и после хирургической коррекции деформаций позвоночника. **Целью** настоящей работы было исследование особенностей динамики температурно-болевой чувствительности после коррекции тяжелых и нетяжелых деформаций позвоночника у больных с идиопатическим сколиозом. **Выборка** больных была разделена на две группы в зависимости от величины дооперационной деформации в основной дуге: первая группа – больные с углом деформации  $\leq 60^\circ$  (15 больных); вторая группа – больные с углом деформации  $> 60^\circ$  (10 больных). В неврологическом статусе больных до лечения не выявлено двигательных, рефлекторных и чувствительных нарушений. Во всех случаях проводилась одномоментная коррекция и стабилизация деформации позвоночника системами транспедикулярной фиксации. Исследование температурно-болевой чувствительности проводили до и после операции с помощью электрического эстезиометра в дерматомах Th1-S2. **Результаты.** До лечения было определено, что у больных с идиопатическим сколиозом во всех исследуемых дерматомах наблюдались нарушения температурно-болевой чувствительности различной степени выраженности, которые не зависели от величины деформации позвоночника. После коррекции деформации позвоночника в I группе больных в 41,5–54,1 % случаев наблюдалась положительная динамика температурно-болевой чувствительности, которая проявлялась в снижении порогов боли и тепла, восстановления тепловой чувствительности. Ухудшение наблюдалось в 29,2–34,7 % случаев. Во II группе больных преобладала отрицательная динамика температурно-болевой чувствительности (в 35,4–50 % случаев) – повышение или снижение порогов боли, повышение порогов тепла, потеря тепловой чувствительности. Улучшение чувствительности определялось в 29,4–31,8 % случаев. После проведенного лечения изменений неврологического статуса в обеих группах больных не отмечалось, поэтому можно говорить о субклинических изменениях температурно-болевой чувствительности. **Заключение.** У больных с идиопатическим сколиозом после коррекции исходной деформации  $\leq 60^\circ$  преобладает положительная динамика температурно-болевой чувствительности. При увеличении исходной деформации позвоночника  $> 60^\circ$  доминирует отрицательная динамика этого вида чувствительности после лечения, что увеличивает риск неврологических осложнений.

**Ключевые слова:** идиопатический сколиоз, температурно-болевая чувствительность, коррекция деформации позвоночника

**Introduction** Despite a great number of researches on idiopathic scoliosis reported there is still no instrumentation assessment of sensitivity before and after surgical correction of the curve found in literature. **The purpose** of the work was to explore dynamics in thermal pain sensitivity following correction of severe and mild spinal curves in patients with idiopathic scoliosis. **Material and methods** The work included results of examination of 25 patients with idiopathic scoliosis. Sampling population was divided into two groups depending on the extent of preoperative curve in major arch: Group I included patients with the curve of  $\leq 60^\circ$  (15 cases); Group II consisted of patients with the curve of  $> 60^\circ$  (10 patients). Preoperative neurological examination showed no motor, reflex and sensory impairments. Acute deformity correction and spine stabilization with transpedicular systems were produced in all the cases. Thermal pain sensitivity was explored preoperatively and postoperatively at Th1-S2 dermatomes using electric esthesiometer. **Results** Disturbed thermal pain sensitivity of various extent was observed preoperatively in the study dermatomes of all patients with idiopathic scoliosis and was not shown to be dependent on the amount of the curve. Positive dynamics in thermal pain sensitivity revealed itself in reduced pain and heat thresholds and restored heat sensitivity and was observed in 41.5 to 54.1 % of the cases Group I following spine deformity correction. Deterioration was seen in 29.2 to 34.7 % of the cases. Group II showed negative dynamics in thermal pain sensitivity in 35.4 to 50 % of the cases with either increased or decreased pain threshold, enhanced heat threshold and loss of heat sensitivity. Sensitivity improved in 29.4 to 31.8 % of the patients. No changes in neurological status were noted in both groups after surgical correction with subclinical changes in thermal pain sensitivity to be considered. **Conclusion** Positive dynamics in thermal pain sensitivity prevailed in patients with idiopathic scoliosis following baseline curve correction of  $\leq 60^\circ$ . Negative dynamics in thermal pain sensitivity was seen in patients with baseline curve correction of  $> 60^\circ$  with a greater risk of neurological complications.

**Keywords:** idiopathic scoliosis, thermal pain sensitivity, spinal deformity correction

#### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что нарушения функции спинного мозга и его корешков, включая проводниковые и сегментарные расстройства, являются обязательным компонентом идиопатического сколиоза [1–7]. Кроме того, некоторые авторы отмечают особенности состояния центральной нервной системы, строения и функции моторной коры [8–11].

В большинстве представленных научных публикаций описаны изменения нервно-мышечного аппарата (моторной сферы), которые не носят локального характера, а выходят за пределы уровня деформации позвоночника [8]. Чувствительная сфера у больных с идиопатическим сколиозом, по-прежнему, остается недостаточно осве-

щенной. В литературе относительно мало публикаций, в которых анализируется глубокая (проприоцептивная и вибрационная чувствительность) [1, 2, 12] и поверхностная (температурно-болевая) чувствительность [7].

При хирургическом лечении кифосколиотической деформации позвоночника ятрогенная травма спинного мозга является наиболее опасным последствием. Неврологический дефицит – это одно из самых серьезных осложнений, и его частота варьирует от 0,37 до 10 % [13, 14, 15]. Лечение тяжелых деформаций позвоночника (> 60° градусов) [16, 17] остается серьезной хирургической проблемой [18], поскольку риск неврологического дефицита значительно увеличивается – от 0,7 до 25,5 % [19, 20, 21].

Объективных (ранговых) критериев оценки чувствительности не существует. Патогенетические особенности сколиоза (деформация позвоночника, его анатомических структур, спинного мозга и спинномозговых корешков) на фоне его прогрессирования формируют полиморфизм нарушений видов чувствительности.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа основана на результатах исследования 25 больных с идиопатическим сколиозом в возрасте от 14 до 27 лет (в среднем – 17,3 ± 0,8 года). Было трое мужчин и 22 женщины. Угол деформации в основной дуге колебался от 35 до 86° (в среднем 60,1 ± 3,3°), в компенсаторной – от 15 до 65° (в среднем 34,1 ± 4,1°). В соответствии с классификацией Lenke, по типу искривления преобладали деформации 3 типа (структуральные дуги в грудном и поясничном отделах позвоночника) – 13 случаев (52 %). 1 тип (основная дуга в грудном отделе) выявлен у 6 человек (24 %), 5 тип (основная дуга искривления в поясничном отделе) – у 4 человек (16 %), выявлено по одному случаю искривлений 2 и 4 типа (по 4 % соответственно). В большинстве случаев (1, 2, 3, 4 тип по Lenke) большая (структуральная) дуга искривления располагалась на уровне Th8-Th10 позвонков, при сколиозе 5 типа – на уровне L1-L3 позвонков. Согласно модификатора поясничного отдела у 20 человек (80 %) определен тип В, у 3 больных (12 %) – А, у 2 пациентов (8 %) – С. Сагиттальный профиль грудного отдела позвоночника распределился практически равномерно между всеми типами: гипокифоз – 8 пациентов (32 %), норма – 9 человек (36 %), гиперкифоз – 8 случаев (32 %).

В неврологическом статусе больных до лечения не выявлено двигательных, рефлекторных и чувствительных нарушений, что свидетельствует об отсутствии вертебро-радикуло-медуллярного конфликта. У 9 человек диагностирован вертеброгенный болевой синдром с оценкой по шкале VAS 2,0 ± 0,42 (от 2 до 3 баллов). После проведенного лечения изменений неврологического статуса больных не отмечалось. При КТ-исследовании до лечения выявлены варианты изменения позвонков на вершине деформации: истончение дуг, ротация, деформация тел. Ни в одном случае не диагностировано уменьшение размеров позвоночного канала или компрессии его структур. Проведенные МРТ-исследования свидетельствуют об отсутствии изменений структуры спинного мозга (по типу миелопатии, сирингомиелии).

Во всех случаях проводилась одномоментная коррекция и стабилизация деформации позвоночника системами транспедикулярной фиксации. Остеосинтез

Взаимосвязь между оценками Scoliosis Research Society-22 (SRS-22) и удовлетворенностью пациента результатами лечения низкая, анкета SRS-22 основывается на самооценке и не отражает объективные изменения показателей [22]. P.R. Rushton, M.P. Grevitt считают, что хирурги и пациенты должны знать об ограниченной доказательности показателей (боль, функция, активность), особенно после хирургической коррекции сколиоза [23]. Поэтому для объективного анализа функционального статуса больных до и после лечения важно использовать инструментальные методы исследования. Если инструментальная оценка двигательной сферы (параспинальные мышцы, мышцы нижних конечностей) после лечения представлена в литературе в ряде публикаций [4, 24, 25, 26], то чувствительная сфера освещена недостаточно.

**Целью** настоящей работы было исследование особенностей динамики температурно-болевой чувствительности после коррекции тяжелых и нетяжелых деформаций позвоночника у больных с идиопатическим сколиозом.

Позвоночника проводился согласно концепции CDI (Cotrel-Dubouset Instrumentation), уровень фиксации определялся типом сколиоза по Lenke. Введение педикулярных винтов осуществлялось методом «free hand». Во всех случаях проводилась вертебротомия по типу SPO (вертебротомия Смит-Петерсона) на вершине деформации. В трех случаях у больных с тяжелой степенью сколиоза по James первым этапом выполнена дискотомия на 4-6 уровнях на вершине искривления с целью увеличения мобильности позвоночника. Исправление деформации осуществляли путем моделирования продольных стержней и осуществления деротационного маневра. У всех пациентов заканчивали оперативное вмешательство декорткацией задних элементов позвонков и костной пластикой ауто-, гомокостью.

Длительность операции составила в среднем 222,9 ± 15,9 мин. (диапазон 150–490 мин.), интраоперационная кровопотеря – 510,4 ± 60,0 мл (диапазон 300–1500 мл).

Проведение данного исследования было одобрено комитетом по этике ФГБУ «РНЦ «ВТО» имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России. Оно осуществлялось в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации 1964 года и ее последующих поправках. Пациенты, достигшие 18 лет, а также родители детей или их законные представители подписали информированное добровольное согласие на проведение диагностических исследований и публикацию данных без идентификации личности.

Исследование температурно-болевой чувствительности проводили до и через две-три недели после операции с помощью электрического эстезиометра (термистор фирмы «EPCOS Inc.», Германия) с одновременной регистрацией температуры кожи («Termostar», фирмы «Nihon Kohden», Япония). Методической основой изучения температурно-болевой чувствительности являлась оценка температурного восприятия в ответ на локальное нагревание участка кожи выбранного дерматома. Температурные ощущения распределялись по двум градациям: 1) «тепло»; 2) «боль от горячего». Площадь контакта термоэлемента составляла 1 см<sup>2</sup>, диапазон изменения температуры колебался от 10 до

50°, скорость увеличения температуры была 2°/мин. Оценка температурно-болевого чувствительности проводилась в соответствии с общепринятой схемой в симметричных точках справа и слева Th1-S2 дерматомов.

Математическая обработка полученных данных проводилась с помощью программного комплекса Microsoft Excel 2010 с надстройкой Attestat [27]. Оценивали соответствие нормальному типу статистического распределения значе-

ний порогов ощущения тепла и боли от горячего с помощью критериев Колмогорова, Смирнова. Рассчитывали их среднее арифметическое (M), стандартную ошибку средней (m). Статистическую значимость различий показателей в сравниваемых группах при нормальном характере их распределения оценивали с использованием t-критерия Стьюдента ( $p < 0,05$ ). В случае малого объема выборки использовался непараметрический критерий Манна-Уитни ( $p < 0,05$ ).

### РЕЗУЛЬТАТЫ

При анализе полученных данных выборка больных была разделена на две группы в зависимости от величины дооперационной деформации в основной дуге: первая группа – больные с углом деформации  $\leq 60^\circ$  (15 больных); вторая группа – больные с углом деформации  $> 60^\circ$  (10 больных) (табл. 1 и 2).

Исследование состояния температурно-болевого чувствительности до лечения показало, что и в первой и второй группах (табл. 1 и 2) во всех исследуемых дерматомах наблюдались нарушения температурно-болевого чувствительности различной степени выраженности. Негативные изменения проявлялись в виде повышения (гиперестезии) и снижения (гипестезии) порогов болевой чувствительности, повышения порогов и отсутствия тепловой чувствительности (термоанестезии).

Сравнительный анализ состояния тепловой чувствительности в двух группах определил, что в среднем доля больных с нормальными порогом (1 группа – 14,0 ± 3,1 % и 2 группа – 10,3 ± 3,8 %), также как и характер распределения (отсутствие нормальных порогов в дерматомах с L4 по S2), значительно не отличались. Процент больных с отсутствием тепловой чувствительности (термоанестезии) в первой и второй группах был практически одинаков и составлял 26,4 ± 2,5 % и 27,7 ± 2,1 % соответственно (табл. 1 и 2).

Доля больных с повышенными порогом в обеих группах была равнозначной (1 группа – 59,0 ± 3,4 %, 2 группа 61,8 ± 3,8 %). Превышение показателей порогов тепловой чувствительности относительно уровня нормы находилось в диапазоне от 2 до 7 градусов и составляло в среднем 5,1 ± 0,4 градуса ( $p < 0,05$ ) (табл. 3 и 4).

Анализ болевой чувствительности определил, что в среднем доля больных с нормальными порогом также достоверно не отличалась в этих группах (1 группа – 35,5 ± 3,1 % и 2 группа – 36,3 ± 4,1 %) (табл. 1 и 2). Кроме того, наблюдалось снижение порогов болевой чувствительности в первой группе в 7 дерматомах, во второй в 6 дерматомах из 19. Процент больных с повышенными порогом был почти одинаков (1 группа – 62,0 ± 3,6 % и 2 группа – 60,0 ± 5,9 %). Отличие величин порогов болевой чувствительности от уровня нормы проявлялось в виде повышения порогов на 2–8 градусов (в среднем 4,6 ± 0,2 градуса,  $p < 0,05$ ) или снижения на 2–5 градусов (в среднем 3,9 ± 0,2 градуса,  $p < 0,05$ ) (табл. 3 и 4).

Таким образом, нарушения температурно-болевого чувствительности у больных с идиопатическим сколиозом до оперативного лечения не носят локальный характер и выходят за пределы уровня деформации позвоночника. Они не зависят от величины деформации позвоночника и стороны исследования.

Таблица 1

Процентное соотношение больных с идиопатическим сколиозом первой группы, имеющих различные нарушения температурно-болевого чувствительности (n = 15)

Дерматомы (n – кол-во измерений)	Тепловая чувствительность			Болевая чувствительность		
	порог в норме (%)	порог повышен (%)	отсутствует (%)	порог в норме (%)	порог снижен (%)	порог повышен (%)
Th1 (n = 30)	47	33	20	60	16,7	20
Th2 (n = 30)	30	34,3	30	57	3,3	40
Th3 (n = 30)	37	40	16,7	47	0	53
Th4 (n = 30)	30	43,3	16,7	63	0	37
Th5 (n = 30)	27	46	27	50	0	50
Th6 (n = 30)	13	54	33	23	0	77
Th7 (n = 30)	7	63	30	30	0	70
Th8 (n = 30)	7	63	30	23	7	70
Th9 (n = 30)	7	63	30	23	7	70
Th10 (n = 30)	10	73	17	37	0	63
Th11 (n = 30)	7	73	20	37	0	63
Th12 (n = 30)	10	57	33	33	3,3	63
L1 (n = 30)	10	79	20	27	0	73
L2 (n = 30)	13	67	20	32	3,3	67
L3 (n = 30)	10	63	27	30	3,3	67
L4 (n = 30)	0	53	47	20	0	80
L5 (n = 30)	0	50	50	20	0	80
S1 (n = 30)	0	70	30	33	0	67
S2 (n = 30)	0	95,5	4,5	32	0	68

Таблица 2

Процентное соотношение больных с идиопатическим сколиозом второй группы, имеющих различные нарушения температурно-болевого чувствительности (n = 10)

Дерматомы (n – кол-во измерений)	Тепловая чувствительность			Болевая чувствительность		
	порог в норме (%)	порог повышен (%)	отсутствует (%)	порог в норме (%)	порог снижен (%)	порог повышен (%)
Th1 (n = 20)	60	15	25	55	45	0
Th2 (n = 20)	45	30	20	60	15	25
Th3 (n = 20)	25	60	15	60	0	40
Th4 (n = 20)	15	60	25	70	0	30
Th5 (n = 20)	5	70	25	60	0	40
Th6 (n = 20)	10	65	25	60	0	40
Th7 (n = 20)	15	55	30	50	5	45
Th8 (n = 20)	5	70	25	40	0	60
Th9 (n = 20)	10	70	20	35	0	65
Th10 (n = 20)	0	75	25	20	0	80
Th11 (n = 20)	0	75	25	30	0	70
Th12 (n = 20)	5	60	40	25	5	70
L1 (n = 20)	0	60	40	15	5	80
L2 (n = 20)	0	70	25	35	5	60
L3 (n = 20)	0	90	10	30	0	70
L4 (n = 20)	0	65	35	20	0	80
L5 (n = 20)	0	55	45	10	0	90
S1 (n = 20)	0	60	40	15	0	85

Таблица 3

Показатели температурно-болевого чувствительности (градусы) у больных первой группы с идиопатическим сколиозом (M ± m, n = 15)

Дерматомы (n – кол-во измерений)	Температура кожи	Тепловая чувствительность		Болевая чувствительность		
		порог в норме	порог повышен	порог в норме	порог снижен	порог повышен
Th1 (n = 30)	31,7 ± 0,2	32,5 ± 0,5	38,8 ± 1,0*	41,8 ± 0,2	38,0 ± 0,1*	45,0 ± 0,4*
Th2 (n = 30)	32,8 ± 0,2	34,1 ± 0,4	38,7 ± 0,7*	40,7 ± 0,4	36,0 ± 0,1*	44,7 ± 0,4*
Th3 (n = 30)	33,3 ± 0,2	34,8 ± 0,4	39,1 ± 0,9*	41,7 ± 0,4	–	46,3 ± 0,7*
Th4 (n = 30)	33,9 ± 0,2	36,8 ± 1,0	39,1 ± 1,0*	42,0 ± 0,2	–	46,3 ± 1,3*
Th5 (n = 30)	33,8 ± 0,2	36,6 ± 0,3	40,2 ± 1,2*	42,4 ± 0,3	–	46,0 ± 1,1*
Th6 (n = 30)	34,1 ± 0,2	36,5 ± 0,1	40,1 ± 0,7*	42,3 ± 0,4	–	45,4 ± 0,6*
Th7 (n = 30)	33,6 ± 0,2	36,5 ± 0,1	40,2 ± 0,8*	42,2 ± 0,3	–	45,6 ± 0,7*
Th8 (n = 30)	33,4 ± 0,2	34,5 ± 0,1	41,3 ± 0,5*	42,3 ± 0,3	38,1 ± 0,1*	46,0 ± 0,7*
Th9 (n = 30)	33,4 ± 0,1	34,3 ± 0,8	41,7 ± 1,0*	40,6 ± 0,4	38,2 ± 0,1	46,2 ± 0,7*
Th10 (n = 30)	33,6 ± 0,3	35,0 ± 0,6	41,1 ± 0,9*	41,4 ± 0,6	–	46,5 ± 0,9*
Th11 (n = 30)	33,5 ± 0,2	35,0	40,9 ± 0,9*	41,2 ± 0,9	–	46,1 ± 1,0*
Th12 (n = 30)	33,6 ± 0,3	34,0	41,4 ± 1,0*	41,2 ± 0,9	38,0	46,3 ± 0,9*
L1 (n = 30)	33,7 ± 0,2	35,0 ± 0,6	41,0 ± 0,8*	41,7 ± 0,5	–	47,0 ± 0,8*
L2 (n = 30)	32,5 ± 0,2	34,5 ± 0,3	41,3 ± 1,2*	41,3 ± 0,5	38,0	47,4 ± 1,1*
L3 (n = 30)	32,1 ± 0,2	34,3 ± 0,3	41,1 ± 0,4*	41,3 ± 0,4	38,0	46,4 ± 1,1*
L4 (n = 30)	32,3 ± 0,2	–	40,8 ± 1,0*	42,3 ± 0,4	–	47,2 ± 0,9*
L5 (n = 30)	32,2 ± 0,2	–	40,2 ± 0,9*	42,0 ± 0,5	–	47,1 ± 0,9*
S1 (n = 30)	30,5 ± 0,3	–	41,0 ± 1,1*	41,5 ± 0,5	–	46,8 ± 1,0*
S2 (n = 30)	32,4 ± 0,2	–	40,4 ± 0,9*	41,7 ± 0,4	–	46,2 ± 1,0*

Примечание: \* – достоверность отличия показателей от уровня нормы, p < 0,05.

Таблица 4

Показатели температурно-болевого чувствительности (градусы) у больных второй группы с идиопатическим сколиозом (M ± m, n = 10)

Дерматомы (n – кол-во измерений)	Температура кожи	Тепловая чувствительность		Болевая чувствительность		
		порог в норме	порог повышен	порог в норме	порог снижен	порог повышен
Th1 (n = 20)	31,1 ± 0,3	33,3 ± 0,5	37,1 ± 0,1*	40,2 ± 0,4	36,7 ± 0,7*	–
Th2 (n = 20)	32,3 ± 0,2	34,4 ± 0,9	39,1 ± 1,8*	40,5 ± 0,4	35,0 ± 2,3*	44,7 ± 0,7*
Th3 (n = 20)	33,0 ± 0,2	33,0 ± 1,5	39,4 ± 0,6*	41,2 ± 0,3	–	45,2 ± 0,4*
Th4 (n = 20)	33,1 ± 0,2	35,1 ± 0,8	40,0 ± 0,6*	41,1 ± 0,4	–	45,7 ± 0,6*
Th5 (n = 20)	33,0 ± 0,2	34,0	39,5 ± 0,6*	41,6 ± 0,4	–	45,5 ± 0,5*
Th6 (n = 20)	32,9 ± 0,2	37,0	39,5 ± 0,6*	41,6 ± 0,4	–	45,5 ± 0,5*
Th7 (n = 20)	32,8 ± 0,2	36,5 ± 0,5	40,8 ± 0,8*	41,0 ± 0,5	37	45,8 ± 0,6*
Th8 (n = 20)	32,8 ± 0,1	36,5 ± 0,1	40,1 ± 0,8*	40,6 ± 0,5	–	45,5 ± 0,5*
Th9 (n = 20)	32,8 ± 0,1	35,3 ± 0,6	40,5 ± 0,5*	41,0 ± 0,5	–	46,1 ± 0,5*
Th10 (n = 20)	32,3 ± 0,6	–	40,6 ± 0,5*	41,7 ± 0,6	–	46,7 ± 0,5*
Th11 (n = 20)	32,9 ± 0,2	–	40,6 ± 0,6*	42,0 ± 0,6	–	46,8 ± 0,5*
Th12 (n = 20)	33,0 ± 0,1	–	40,0 ± 0,7*	42,0 ± 0,5	38,0	47,0 ± 0,5*
L1 (n = 20)	32,6 ± 0,2	–	41,2 ± 0,8*	41,3 ± 0,9	38,0	47,1 ± 0,6*
L2 (n = 20)	30,9 ± 0,2	34,0	40,7 ± 0,9*	41,8 ± 0,5	38,0	46,3 ± 0,8*
L3 (n = 20)	30,4 ± 0,2	–	40,2 ± 0,8*	41,7 ± 0,5	–	46,6 ± 0,8*
L4 (n = 20)	30,9 ± 0,2	–	40,5 ± 1,0*	42,3 ± 0,3	–	46,6 ± 0,8*
L5 (n = 20)	30,7 ± 0,2	–	41,8 ± 0,8*	43,0 ± 0,1	–	46,6 ± 0,6*
S1 (n = 20)	29,1 ± 0,3	–	40,5 ± 0,8*	42,0 ± 0,1	–	46,8 ± 0,6*
S2 (n = 20)	31,3 ± 0,2	–	41,3 ± 1,2*	42,0 ± 0,1	–	47,0 ± 0,8*

Примечание: \* – достоверность отличия показателей от уровня нормы, p < 0,05.

В процессе лечения всем больным была выполнена одномоментная коррекция и стабилизация деформации позвоночника системами транспедикулярной фиксации. Величина коррекции деформации в компенсаторной дуге в обеих группах была почти одинакова, в основной дуге этот показатель в первой группе был достоверно выше на 21,1 % (p < 0,05), чем во второй (табл. 5).

Необходимо отметить, что во второй группе у трех больных была выполнена дискотомия на 4–6 уровнях для увеличения мобильности позвоночника. Кроме того, кровопотеря во второй группе была на 88,5 % больше, чем в первой (1 группа – 383,1 ± 23,1 мл, вторая группа – 722,2 ± 128,8 мл, p < 0,05). Следует подчеркнуть, что после проведенного лечения изменений неврологического статуса больных не отмечалось. Поэтому все изменения температурно-болевого чувствительности происходили на субклиническом уровне.

После коррекции деформации особый интерес вызывает динамика болевой чувствительности. В первой группе обследуемых доля больных с положительной динамикой болевой чувствительности (рис. 1, а) была выше на 84 % (p ≤ 0,01), чем во второй группе (1 группа – 54,1 ± 1,8 %, 2 группа – 29,4 ± 3,1 %, p ≤ 0,01). Положительная динамика проявлялась в виде снижения порогов боли: 1) в первой группе на 1–9 градусов (в среднем – 3,0 ± 0,1 градуса, исходная величина порога боли составляла 46,5 ± 0,2 градуса, после лечения – 43,6 ± 0,2 градуса, p ≤ 0,01); 2) во второй группе на 1–7 градусов (в среднем – 2,3 ± 0,1 градуса, исходная величина порога боли 45,2 ± 0,3 градуса, после лечения – 43,0 ± 0,2 градуса, p ≤ 0,05). Следует заметить, что средняя величина снижения порога в первой группе была достоверно выше на 23,3 % (p ≤ 0,05), чем во второй.

Таблица 5

Изменение величин основной и компенсаторной дуг деформации позвоночника после коррекции у больных с идиопатическим сколиозом, M ± m, n = 25

Показатель	Группы обследуемых					
	Первая группа, n = 15			Вторая группа, n = 10		
	до лечения	после лечения	величина коррекции	до лечения	после лечения	величина коррекции
Величина основной дуги (°)	48,5 ± 2,2 (диапазон 36–60)	10,1 ± 2,4* (диапазон 3–40)	81,1 ± 4,0# (диапазон 33–95)	77,7 ± 2,7 (диапазон 64–86)	29,0 ± 6,2* (диапазон 5–56)	63,5 ± 7,3 (диапазон 33–92)
Величина компенсаторной дуги (°)	29,5 ± 4,9 (диапазон 15–43)	10,0 ± 2,6* (диапазон 0–15)	69,4 ± 7,9 (диапазон 50–100)	40,0 ± 6,6 (диапазон 30–65)	18,0 ± 8,1* (диапазон 5–40)	60,8 ± 12,4 (диапазон 39–87)

Примечание: \* – достоверность отличия показателей от дооперационного уровня, p < 0,05; # – достоверность отличия показателя первой группы от второй, p < 0,05.

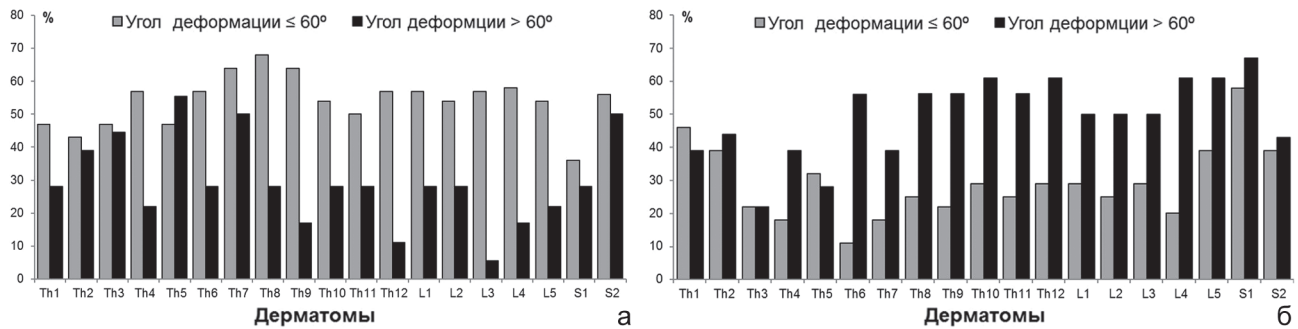


Рис. 1. Доля больных с идиопатическим сколиозом, имеющих величину деформации до лечения  $\leq 60^\circ$  и  $> 60^\circ$ , с положительной (а) и отрицательной (б) динамикой болевой чувствительности после хирургического лечения

Кроме того, в первой группе доля больных с положительной динамикой болевой чувствительности относительно равномерно распределилась по всей цепочке дерматомов (рис. 1, а), во второй группе выделялись несколько дерматомов с наименьшей долей улучшения данного вида чувствительности (Th9, Th12, L3, L4, L5 – 5,6–22 %).

Отрицательная динамика (повышение или снижение порогов за пределы нормы) этого вида чувствительности (рис. 1, б) более выражена во второй группе, доля больных с негативными изменениями была больше на 71,2 % ( $p \leq 0,01$ ), чем в первой (1 группа –  $29,2 \pm 2,6$  %, 2 группа –  $50,0 \pm 2,8$  %,  $p \leq 0,01$ ). Негативные изменения проявлялась в виде повышения порогов боли: 1) в первой группе на 1–9 градусов (в среднем –  $3,1 \pm 0,2$  градуса, исходная величина порога боли  $43,0 \pm 0,2$  градуса, после лечения –  $46,0 \pm 0,1$  градуса,  $p \leq 0,01$ ); 2) во второй группе на 1–10 градусов (в среднем –  $3,5 \pm 0,2$  градуса, исходная величина порога боли  $44,2 \pm 0,2$  градуса, после лечения –  $47,8 \pm 0,2$  градуса,  $p \leq 0,01$ ).

Снижение порогов было отмечено в первой группе в дерматомах Th4, L1, L2, L3, S1 в среднем в  $2 \pm 0,3$  случая на каждый дерматом. Величина снижения порога составляла в среднем –  $4,8 \pm 0,4$  градуса (величина порога до лечения –  $42,1 \pm 0,4$  градуса, после лечения –  $37,4 \pm 0,2$  градуса). Во второй группе такая динамика наблюдалась в дерматомах с Th1 по Th6, в

среднем в  $3,5 \pm 0,8$  случая, величина снижения составляла –  $2,9 \pm 0,3$  градуса (величина порога до лечения –  $40,5 \pm 0,3$  градуса, после лечения  $37,8 \pm 0,2$  градуса).

Таким образом, после хирургической коррекции деформации позвоночника реакция болевой чувствительности зависела от угла основной дуги деформации. При величине исходной деформации  $\leq 60^\circ$  преобладала положительная динамика (в 54,1 % случаев) этого вида чувствительности, в случаях, когда угол деформации был  $> 60^\circ$ , доля больных с ухудшением болевой чувствительности была выше (у 50 % больных), чем с позитивными изменениями (в 29,4 % случаев).

Динамика тепловой чувствительности в этих группах имела отличие от изменений болевой чувствительности (рис. 2). Средний процент больных с положительной динамикой этого вида чувствительности (рис. 2, а), которая проявлялась в виде снижения порогов на 1–4 градуса и появлении тепловой чувствительности в тех областях, где она отсутствовала, в первой группе был на 30 % больше ( $p \leq 0,05$ ), чем во второй (1 группа –  $41,5 \pm 1,7$  % и 2 группа –  $31,8 \pm 2,7$  %).

Кроме того, в первой группе в 16 из 19 дерматомах появилась тепловая чувствительность (рис. 3, а) в тех областях, где она отсутствовала в 1–7 случаях (в среднем  $3,3 \pm 0,4$ ). Во второй группе в 15 из 19 дерматомах появилась тепловая чувствительность в 1–4 случаях (в среднем  $1,9 \pm 0,3$ ).

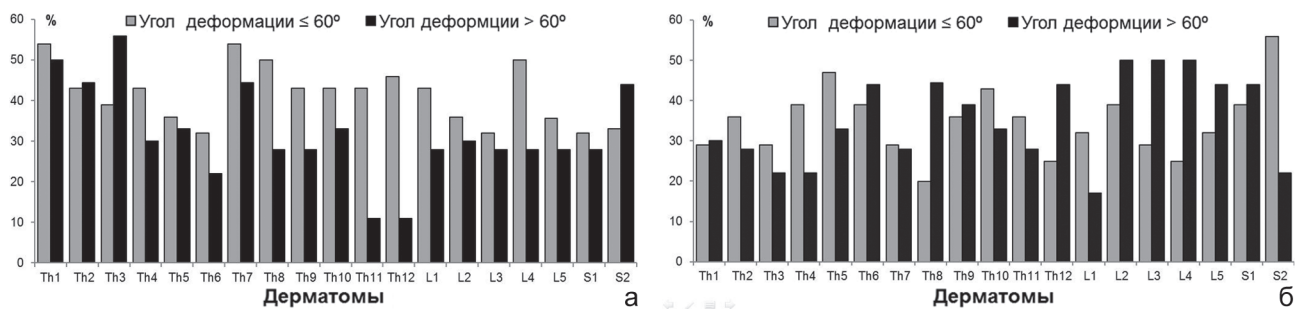


Рис. 2. Доля больных с идиопатическим сколиозом, имеющих величину деформации до лечения  $\leq 60^\circ$  и  $> 60^\circ$ , с положительной (а) и отрицательной (б) динамикой тепловой чувствительности после хирургического лечения

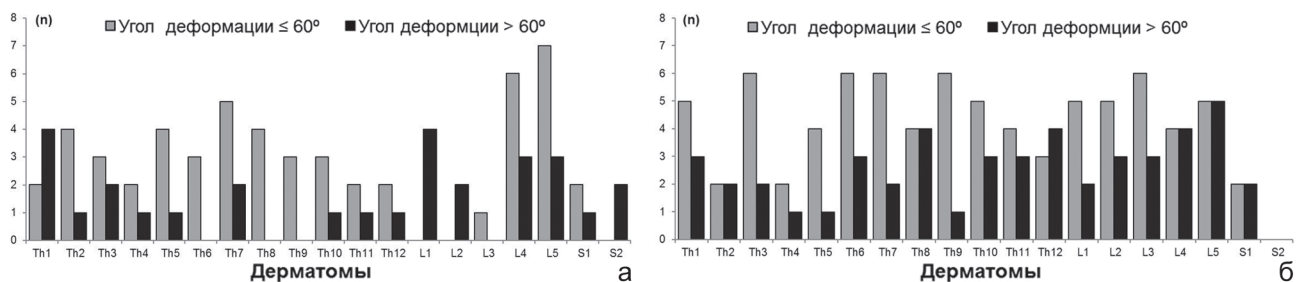


Рис. 3. Количество случаев восстановления (а) и потери (б) тепловой чувствительности после хирургического лечения у больных с идиопатическим сколиозом, имеющих величину деформации до лечения  $\leq 60^\circ$  и  $> 60^\circ$

Отрицательная динамика (рис. 2, б) тепловой чувствительности (повышение порогов на 1–5 градусов и потеря тепловой чувствительности) была практически одинакова в обеих группах (1 группа –  $34,7 \pm 2,0$  % и 2 группа –  $35,4 \pm 2,5$  %).

Следует заметить, что потеря тепловой чувствительности (рис. 3, б) в первой группе больных была отмечена в 18 из 19 дерматомах в 2–6 случаях (в среднем  $4,5 \pm 0,3$  случая), во второй группе

в 17 из 19 дерматомах в 1–5 случаях (в среднем  $2,6 \pm 0,3$  случая).

Таким образом, после хирургической коррекции деформации позвоночника, в случаях наличия величины деформации  $\leq 60^\circ$  доля больных с положительной динамикой тепловой чувствительности больше на 30 %, чем больных с углом деформации  $> 60^\circ$ . Причем доля больных с отрицательной динамикой практически однозначна в обеих группах.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Для того, чтобы проанализировать реакции сенсорной системы температурно-болевого чувствительности на коррекцию деформации позвоночника у больных с идиопатическим сколиозом необходимо обсудить факторы, которые могут влиять на возникновение ее нарушений у данной категории пациентов до оперативного лечения.

Результаты наших исследований и данные литературы свидетельствуют о том, что до оперативного лечения нарушения чувствительности у данной категории пациентов не носят локальный характер и выходят за пределы уровня деформации позвоночника, при этом они не зависят от величины деформации позвоночника и стороны исследования [1, 2, 5, 7, 12].

R. Barrack et al. определили сниженные пороги вибрационной чувствительности при исследовании как верхних, так и нижних конечностей обследуемых с идиопатическим сколиозом [2]. В других публикациях этих авторов было показано, что пороги проприорецепции повышены, и отсутствует асимметрия при исследовании правой и левой нижних конечностей [1]. В работе исследователей [7] описаны различные варианты нарушений температурно-болевого чувствительности: повышение порогов (гиперестезия); снижение порогов (гипестезия); отсутствие тепловой чувствительности (термоанестезия) в Th1-S2 дерматомах у всех обследованных больных с идиопатическим сколиозом.

Анализируя все вышеизложенные факты, можно сделать вывод, что нарушения температурно-болевого чувствительности до лечения могут быть вызваны первичным этиопатогенетическим фактором идиопатического сколиоза, который включает центральный механизм нарушения функции задних корешков спинного мозга [1, 5].

Нарастание выраженности нарушений температурно-болевого чувствительности на вершине деформации и каудальнее [7] свидетельствуют о том, что к этиопатогенетическим факторам, по-видимому, следует также отнести и фактор деформации позвоночника, который способствует натяжению спинного мозга и его корешков, и, соответственно, изменению положения спинномозговых ганглиев и еще большему нарушению их функции [6].

Кроме того, температурно-болевая чувствительность является разновидностью кожной чувствительности, и ее изменения могут быть обусловлены нарушением структуры и функции рецепторного аппарата, изменением строения нервных волокон в нервах кожи вследствие натяжения, деформации и уменьшения толщины кожи при идиопатическом сколиозе [28, 29, 30].

Литературные данные об инструментальной оценке функционального состояния больных с идиопатическим сколиозом после хирургического лечения посвящены, в основном, двигательному компоненту: параспинальным мышцам (динамика ЭМГ) [4, 24], реактивности и резистентности пирамидных структур спинного мозга [26], частным и интегральным характеристикам произвольной и вызванной биоэлектрической активности мышц нижних конечностей [4, 26].

Динамика чувствительности (в частности температурно-болевого чувствительности) после хирургической коррекции в зависимости от исходной величины деформации в литературе не освещена.

Результаты нашего исследования показали, что реакции сенсорной системы температурно-болевого чувствительности в области дерматомов Th1-S2 на коррекцию деформации позвоночника при величинах исходной деформации  $\leq 60^\circ$  (нетяжелой) и  $> 60^\circ$  (тяжелой) у больных с идиопатическим сколиозом были различны.

Следует акцентировать внимание на динамику болевой чувствительности, которая имеет различную направленность реакций. В группе больных с величиной деформации  $\leq 60^\circ$  преобладала положительная динамика показателей этого вида чувствительности (в 54,1 % случаев), и она относительно равномерно распределилась по всей цепочке дерматомов. Отрицательная динамика составила 29,2 %.

У больных с величиной деформации  $> 60^\circ$  доминировала отрицательная динамика болевой чувствительности (у 50 % больных). Положительная динамика составила всего 29,4 %.

Положительная динамика тепловой чувствительности имела ту же тенденцию, что и у болевой чувствительности, при величинах деформации  $\leq 60^\circ$  доля больных с положительной динамикой тепловой чувствительности больше на 30 %, чем больных с углом деформации  $> 60^\circ$ . Однако доля больных с отрицательной динамикой практически однозначна в обеих группах (1 группа –  $34,7 \pm 2,0$  % и 2 группа –  $35,4 \pm 2,5$  %). Различный характер изменений тепловой и болевой чувствительности может обуславливаться различиями в проводниках этих видов чувствительности.

Результаты нашей работы подтверждаются результатами исследований других авторов. Так, А.П. Шейн с соавт. при использовании таких же методов коррекции деформации как в нашей работе пришли к заключению, что после лечения в 37,8 % случаев наблюдалась положительная динамика, которая заключалась в повышении функциональных возможностей сенсомоторного аппарата нижних конечностей [26].

По данным И.А. Ломага с соавт., степень проведения по моторным аксонам после операции также увеличивалась. Кроме того, наблюдалось улучшение

функциональных возможностей мышц спины [4], показатели ЭМГ становились более сбалансированными, особенно в поясничном отделе [24].

Прежде, чем обсудить причины ухудшения или улучшения температурно-болевого чувствительности у больных с идиопатическим сколиозом  $\leq 60^\circ$  и  $> 60^\circ$ , необходимо прояснить на какие этиологические факторы нарушения температурно-болевого чувствительности влияет оперативная коррекция идиопатического сколиоза. Основным фактором, вероятно, является уменьшение угла основной дуги деформации (1 группа – на  $81,1 \pm 4,0\%$  и 2 группа – на  $63,5 \pm 7,3\%$ ). Благодаря этому оптимизируются взаимоотношения позвоночника, спинного мозга, спинномозговых корешков, спинномозговых ганглиев, уменьшается натяжение и деформация кожи.

Положительная динамика температурно-болевого чувствительности может быть обусловлена и тем, что после коррекции деформации позвоночника исходно напряженные и сдавленные поверхностные оболочечные артерии и некоторые корешковые артерии [31] оказываются в более оптимальных условиях, чем до операции, что способствует улучшению трофики и функционирования невралных структур.

Отрицательная динамика этого вида чувствительности может быть связана с одномоментной интраоперационной тракцией позвоночника (деротационным маневром), когда опосредованное воздействие на спинной мозг и реактивные изменения сосудов (микрососудистые ишемические события) могут вызывать нарушение функции [32, 33]. В нашем исследовании это в

большей степени выражено после коррекции дуги деформации  $> 60^\circ$ , несмотря на то, что величина коррекции деформации в этой группе была меньше на 21,1 %, чем у больных с величиной деформации  $\leq 60^\circ$ .

Исправление тяжелых деформаций позвоночника сопряжено с необходимостью применения больших корригирующих маневров, что вызывает более выраженные реактивные ответы структур спинного мозга и повышает риск послеоперационных осложнений.

У больных с идиопатическим сколиозом III–IV степени (по В.Д. Чаклину) объемный капиллярный кровоток оболочек спинного мозга на вершине деформации снижен на 27–57 % относительно должного уровня. Уменьшение кровотока находится в прямой зависимости от угла деформации позвоночника [34].

После коррекции CDI (Cotrel-Dubouset Instrumentation) нетяжелых форм идиопатического сколиоза отмечается улучшение показателей микроциркуляции в оболочках спинного мозга. При крайне тяжелых сколиозах имеется тенденция к нарушению кровообращения в более глубоких слоях оболочек. При этом даже при постепенной коррекции грубых деформаций позвоночника в системе гало-пельвик имеются признаки некоторого ухудшения микроциркуляции [35]. В работе А.П. Шеина с соавт. также отмечается, что с увеличением тяжести исходной деформации наблюдается возрастающий по интенсивности отрицательный послеоперационный тренд функциональных возможностей сенсомоторного аппарата нижних конечностей [26].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ динамики температурно-болевого чувствительности после коррекции тяжелых и нетяжелых деформаций позвоночника у больных с идиопатическим сколиозом показал, что после лечения положительная динамика температурно-болевого чувствительности более выражена в группе больных с величиной деформации  $\leq 60^\circ$  (в 41,5–54,1 % случаев). После хирургического лечения деформаций позвоночника  $> 60^\circ$  преобладает отрицательная динамика (в 35,4–50 % случаев) этого вида чувствительности.

Несмотря на то, что после проведенного лечения динамики неврологического статуса больных не наблюдалось, у всех пациентов диагностированы изменения чувствительности на субклиническом уровне.

Одномоментная коррекция деформации позвоночника при идиопатическом сколиозе более  $60^\circ$  требует осторожности в связи с высоким риском неврологических нарушений, профилактических фармакологических мероприятий для их предупреждения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Proprioception in idiopathic scoliosis / R.L. Barrack, T.S. Whitecloud 3rd, S.W. Burke, S.D. Cook, A.F. Harding // Spine. 1984. Vol. 9, No 7. P. 681-685.
2. Vibratory hypersensitivity in idiopathic scoliosis / R.L. Barrack, M.P. Wyatt, T.S. Whitecloud 3rd, S.W. Burke, J.M. Roberts, M.R. Brinker // J. Pediatr. Orthop. 1988. Vol. 8, No 4. P. 389-395.
3. Базанов А.И., Данилов В.Ф., Шишин В.В. Неврологический статус у больных сколиозом // Организация помощи и лечения детей с заболеваниями и травмами опорно-двигательного аппарата. : сб. тезисов науч.-практ. обл. семинара. Архангельск, 1987. С. 44-45.
4. Неврологические синдромы при идиопатических прогрессирующих сколиозах у детей / И.А. Ломага, С.А. Мальберг, Н.И. Тарасов, А.С. Петрухин // Русский журнал детской неврологии. 2008. Т. 3, № 3. С. 12-19.
5. Characteristic of somatosensory evoked potential in adolescent idiopathic scoliosis and relationship with Cobb angle / Y. Qiu, Z.J. Chen, W.W. Ma, B. Wang, Y. Yu, Z.Z. Zhu, F. Zhu, B.P. Qian // Zhonghua Wai Ke Za Zhi. 2009. Vol. 47, No 13. P. 1010-1013.
6. Comparison of somatosensory evoked potentials between adolescent idiopathic scoliosis and congenital scoliosis without neural axis abnormalities / Z. Chen, Y. Qiu, W. Ma, B. Qian, Z. Zhu // Spine. 2014. Vol.14, No 7. P. 1095-1098. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.07.465.
7. Особенности состояния температурно-болевого чувствительности у больных идиопатическим сколиозом III-IV степени / Е.Н. Щурова, С.О. Рябых, А.Е. Кобышев, П.В. Очирова // Физиология человека. 2016. Т. 42, № 1. С. 100-105.
8. Сампиев М.Т., Лака А.А., Загородный Н.В. Сколиоз. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008. 144 с.
9. Abnormal activation of the motor cortical network in idiopathic scoliosis demonstrated by functional MRI / J. Domenech, G. Garcia-Martí, L. Martí-Bonmati, C. Barrios, J.M. Tormos, A. Pascual-Leone // Eur. Spine J. 2011. Vol. 20, No 7. P. 1069-1078. DOI: 10.1007/s00586-011-1776-8.
10. Peculiarities of brain functioning in children with adolescence idiopathic scoliosis (AIS) according to EEG studies / D. Pinchuk, M. Dudin, S. Bekshayey, O. Pinchuk // Stud. Health Technol. Inform. 2012. Vol. 176. P. 87-90.
11. Abnormal cerebral cortical thinning pattern in adolescent girls with idiopathic scoliosis / D. Wang, L. Shi, W.C. Chu, R.G. Burwell, J.C. Cheng, A.T. Ahuja // Neuroimage. 2012. Vol.59, No 2. P. 935-942. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.07.097.
12. Effect of a spinal brace on postural control in different sensory conditions in adolescent idiopathic scoliosis: a preliminary analysis / G. Gur, B. Dilek, C. Ayhan, E. Simsek, O. Aras, S. Aksoy, Y. Yakut // Gait Posture. 2014. Vol. 41, No 1. P. 93-99. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2014.09.001.
13. Neurophysiological detection of impending spinal cord injury during scoliosis surgery / D.M. Schwartz, J.D. Auerbach, J.P. Dormans, J. Flynn,



- D.S. Drummond, J.A. Bowe, S. Laufer, S.A. Shah, J.R. Bowen, P.D. Pizzutillo, K.J. Jones, D.S. Drummond // *J. Bone Joint Surg. Am.* 2007. Vol. 89, No 11. P. 2440-2449. DOI: 10.2106/JBJS.F.01476.
14. The prevention of neural complications in the surgical treatment of scoliosis: the role of the neurophysiological intraoperative monitoring / F. Pastorelli, M. di Silvestre, R. Plasmati, R. Michelucci, T. Greggi, A. Morigi, M.R. Bacchin, S. Bonarelli, A. Cioni, F. Vommaro, N. Fini, F. Lolli, P. Parisini // *Eur. Spine J.* 2011. Vol. 20, No Suppl. 1. P. S105-S114. DOI: 10.1007/s00586-011-1756-z.
  15. Профилактика неврологических осложнений при хирургической коррекции грубых деформаций позвоночника / В.В. Новиков, М.В. Новикова, С.Б. Цветовский, М.Н. Лебедева, М.В. Михайловский, А.С. Васюра, Д.Н. Долотин, И.Г. Удалова // *Хирургия позвоночника*. 2011. № 3. С. 66-76.
  16. Greiner K.A. Adolescent idiopathic scoliosis: radiologic decision-making // *Am. Fam. Physician.* 2002. Vol. 65, No 9. P.1817-1822.
  17. Koptan W., ElMiligui Y. Three-staged correction of severe rigid idiopathic scoliosis using limited halo-gravity traction // *Eur. Spine J.* 2012. Vol. 21, No 6. P. 1091-1098. DOI: 10.1007/s00586-011-2111-0.
  18. Teixeira da Silva L.E., de Barros A.G., de Azevedo G.B. Management of severe and rigid idiopathic scoliosis // *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 2015. Vol. 25, No Suppl. 1. P. S7-S12. DOI: 10.1007/s00590-015-1650-1.
  19. Rates of new neurological deficit associated with spine surgery based on 108,419 procedures: a report of the scoliosis research society morbidity and mortality committee / D.K. Hamilton, J.S. Smith, C.A. Sansur, S.D. Glassman, C.P. Ames, S.H. Berven, D.W. Polly Jr., J.H. Perra, D.R. Knapp, O. Boachie-Adjei, R.E. McCarthy, C.I. Shaffrey; Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality Committee // *Spine.* 2011. Vol. 36, No 15. P. 1218-1228. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181ec5fd9.
  20. Neurological complications of posterior vertebral column resection for severe rigid congenital spinal deformities / T. Zhang, H. Tao, J. Huang, T. Li, C. Shen, B. Chen, X. Chen, W. Yang, M. Liu, Z. Luo // *Zhonghua Wai Ke Za Zhi.* 2015. Vol. 53, No 6. P. 424-429.
  21. Apex of deformity for three-column osteotomy. Does it matter in the occurrence of complications? / C. Sacramento-Domínguez, M. Yagi, J. Ayamga, V.M. Nemani, H. Akoto, R. Mahmud, I.A. Wulff, M. Gupta, E.C. Papadopoulos, F. Pellisé, F. Sánchez-Pérez-Gruoso, W.F. Hess, H.J. Kim, R. Hodes, O. Boachie-Adjei; FOCOS Spine Research Group // *Spine J.* 2015. Vol. 15, No 11. P. 2351-2359. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.07.010.
  22. Patient satisfaction after surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis / L.Y. Carreon, J.O. Sanders, M. Diab, P.F. Sturm, D.J. Sucato; Spinal Deformity Study Group // *Spine.* 2011. Vol. 36, No 12. P. 965-968. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181e92b1d.
  23. Rushton P.R., Grevitt M.P. What is the effect of surgery on the quality of life of the adolescent with adolescent idiopathic scoliosis? A review and statistical analysis of the literature // *Spine.* 2013. Vol. 38, No 9. P. 786-794. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182837c95.
  24. Paraspinal muscle activities of patients with scoliosis after spine fusion: an electromyographic study / W.W. Lu, Y. Hu, K.D. Luk, K.M. Cheung, J.C. Leong // *Spine.* 2002. Vol. 27, No 11. P.1180-1185.
  25. Влияние степени деформации позвоночника на нейрофизиологические характеристики сенсомоторного дефицита / А.П. Шейн, Г.А. Криворучко, Е.Н. Щурова, П.И. Коваленко, А.В. Поздняков // *Хирургия позвоночника*. 2007. № 1. С. 35-44.
  26. Шейн А.П., Криворучко Г.А., Рябых С.О. Реактивность и резистентность спинномозговых структур при выполнении инструментальной коррекции деформаций позвоночника // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2016. Т. 102, № 12. С. 1495-1504.
  27. Гайдышев И.П. Анализ и обработка данных: спец. справочник. СПб. : Питер, 2001. 752 с.
  28. Zoabli G., Mathieu P.A., Aubin C.E. Magnetic resonance imaging of the erector spinae muscles in Duchenne muscular dystrophy: implication for scoliotic deformities // *Scoliosis.* 2008. Vol. 3. P. 21. DOI:10.1186/1748-7161-3-21.
  29. Гребенюк Л.А., Кобызов А.Е. Эхоморфометрические характеристики кожи человека при идиопатическом сколиозе // *Морфология*. 2014. Т. 146, № 4. С. 43-46.
  30. Состояние температурно-болевого чувствительности и морфологические особенности кожи спины у больных идиопатическим сколиозом III-IV степени / Е.Н. Горбач, Е.Н. Щурова, А.Е. Кобызов, С.О. Рябых, П.В. Очирова // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2015. Т. 101, № 3. С. 349-359.
  31. Лазорт Г., Гуаза А., Джинджян П. Васкуляризация и гемодинамика спинного мозга. М.: Медицина, 1977. 256 с.
  32. Spinal cord distraction: an in vitro study of length, tension, and tissue pressure / P.F. Jarzem, J.P. Kostuik, M. Filiaggi, D.J. Doyle, R. Ethier, C.H. Tator // *J. Spinal Disord.* 1991. Vol. 4, No 2. P. 177-182.
  33. Mitigating spinal cord distraction injuries: the effect of durotomy in decreasing cord interstitial pressure in vitro / W. Awwad, M. Bassi, I. Shrier, A. Al-Ahaideb, R.J. Steele, P.F. Jarzem // *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 2014. Vol. 24, No Suppl. 1. P. S261-S267. DOI: 10.1007/s00590-013-1409-5.
  34. Щурова Е.Н., Худяев А.Т., Коваленко П.И. Связь степени декомпенсации кровотока оболочек спинного мозга с величиной деформации позвоночника и результатами хирургического лечения у пациентов с идиопатическим сколиозом // *Хирургия позвоночника*. 2006. № 4. С. 26-32.
  35. Оценка особенностей спинального кровообращения, микроциркуляции в оболочках спинного мозга и нейровегетативной регуляции при сколиозе / С.П. Миронов, С.Т. Ветрилэ, З.Г. Нацвлишвили, А.К. Морозов, А.И. Крупаткин, А.А. Кулешов, Г.И. Хохриков, М.С. Ветрилэ // *Хирургия позвоночника*. 2006. № 3. С. 38-48.

## REFERENCES

1. Barrack R.L., Whitecloud T.S. 3rd, Burke S.W., Cook S.D., Harding A.F. Proprioception in idiopathic scoliosis. *Spine*, 1984, vol. 9, no. 7, pp. 681-685.
2. Barrack R.L., Wyatt M.P., Whitecloud T.S. 3rd, Burke S.W., Roberts J.M., Brinker M.R. Vibratory hypersensitivity in idiopathic scoliosis. *J. Pediatr. Orthop.*, 1988, vol. 8, no. 4, pp. 389-395.
3. Bazanov A.I., Danilov V.F., Shishin V.V. Nevrologicheskii status u bolnykh skoliozom [Neurological status in patients with scoliosis]. *Sb. tezisev nauch.-prakt. obl. seminar "Organizatsiia pomoshchi i lecheniia detei s zabolevaniiami i travmami oporno-dvigatel'nogo apparata"* [Proc. Scientific-practical Regional Seminar "Organizing Care and Treatment for Children with the Locomotor System Diseases and Injuries"]. Arkhangel'sk, 1987, pp. 44-45. (in Russian)
4. Lomaga I.A., Malmberg S.A., Tarasov N.I., Petrukhin A.S. Nevrologicheskie sindromy pri idiopaticeskikh progressivnykh skoliozakh u detei [Neurological syndromes for idiopathic progressing scolioses in children]. *Russkii Zhurnal Detskoi Nevrologii*, 2008, vol. 3, no. 3, pp. 12-19. (in Russian)
5. Qiu Y., Chen Z.J., Ma W.W., Wang B., Yu Y., Zhu Z.Z., Zhu F., Qian B.P. Characteristic of somatosensory evoked potential in adolescent idiopathic scoliosis and relationship with Cobb angle. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*, 2009, vol. 47, no. 13, pp. 1010-1013.
6. Chen Z., Qiu Y., Ma W., Qian B., Zhu Z. Comparison of somatosensory evoked potentials between adolescent idiopathic scoliosis and congenital scoliosis without neural axis abnormalities. *Spine*, 2014, vol.14, no. 7, pp. 1095-1098. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.07.465.
7. Shchurova E.N., Riabykh S.O., Kobyzov A.E., Ochirova P.V. Osobennosti sostoianiiya temperaturno-bolevoi chuvstvitel'nosti u bolnykh idiopaticeskim skoliozom III-IV stepeni [Special characteristics of thermoesthesia-and-algesthesia condition in patients with Degree III-IV idiopathic scoliosis]. *Fiziologiya Cheloveka*, 2016, vol. 42, no. 1, pp. 100-105. (in Russian)
8. Sampiev M.T., Laka A.A., Zagorodnii N.V. *Skolios* [Scoliosis]. М., GEOTAR-Media, 2008. 144 p. (in Russian)
9. Domenech J., Garcia-Martí G., Martí-Bonmati L., Barrios C., Tormos J.M., Pascual-Leone A. Abnormal activation of the motor cortical network in idiopathic scoliosis demonstrated by functional MRI. *Eur. Spine J.*, 2011, vol. 20, no. 7, pp. 1069-1078. DOI: 10.1007/s00586-011-1776-8.
10. Pinchuk D., Dudin M., Bekshayev S., Pinchuk O. Peculiarities of brain functioning in children with adolescence idiopathic scoliosis (AIS) according to EEG studies. *Stud. Health Technol. Inform.*, 2012, vol. 176, pp. 87-90.
11. Wang D., Shi L., Chu W.C., Burwell R.G., Cheng J.C., Ahuja A.T. Abnormal cerebral cortical thinning pattern in adolescent girls with idiopathic scoliosis. *Neuroimage*, 2012, vol.59, no. 2, pp. 935-942. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.07.097.
12. Gur G., Dilek B., Ayhan C., Simsek E., Aras O., Aksoy S., Yakut Y. Effect of a spinal brace on postural control in different sensory conditions in adolescent idiopathic scoliosis: a preliminary analysis. *Gait Posture*, 2014, vol. 41, no. 1, pp. 93-99. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2014.09.001.
13. Schwartz D.M., Auerbach J.D., Dormans J.P., Flynn J., Drummond D.S., Bowe J.A., Laufer S., Shah S.A., Bowen J.R., Pizzutillo P.D., Jones K.J., Drummond D.S. Neurophysiological detection of impending spinal cord injury during scoliosis surgery. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 2007, vol. 89, no. 11, pp. 2440-2449. DOI: 10.2106/JBJS.F.01476.

14. Pastorelli F., di Silvestre M., Plasmati R., Michelucci R., Greggi T., Morigi A., Bacchin M.R., Bonarelli S., Cioni A., Vommaro F., Fini N., Lolli F., Parisini P. The prevention of neural complications in the surgical treatment of scoliosis: the role of the neurophysiological intraoperative monitoring. *Eur. Spine J.*, 2011, vol. 20, no. Suppl. 1, pp. S105-S114. DOI: 10.1007/s00586-011-1756-z.
15. Novikov V.V., Novikova M.V., Tsvetovskii S.B., Lebedeva M.N., Mikhailovskii M.V., Vasiura A.S., Dolotin D.N., Udalovala I.G. Profilaktika neurologicheskikh oslozhnenii pri khirurgicheskoi korrektsii grubyykh deformatsii pozvonochnika [Preventing neurological complications in surgical correction of the spine gross deformities]. *Khirurgiia Pozvonochnika*, 2011, no. 3, pp. 66-76. (in Russian)
16. Greiner K.A. Adolescent idiopathic scoliosis: radiologic decision-making. *Am. Fam. Physician*, 2002, vol. 65, no. 9, pp.1817-1822.
17. Koptan W., ElMiligui Y. Three-staged correction of severe rigid idiopathic scoliosis using limited halo-gravity traction. *Eur. Spine J.*, 2012, vol. 21, no. 6, pp. 1091-1098. DOI: 10.1007/s00586-011-2111-0.
18. Teixeira da Silva L.E., de Barros A.G., de Azevedo G.B. Management of severe and rigid idiopathic scoliosis. *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.*, 2015, vol. 25, no. Suppl. 1, pp. S7-S12. DOI: 10.1007/s00590-015-1650-1.
19. Hamilton D.K., Smith J.S., Sansur C.A., Glassman S.D., Ames C.P., Berven S.H., Polly D.W. Jr., Perra J.H., Knapp D.R., Boachie-Adjei O., McCarthy R.E., Shaffrey C.I.; Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality Committee. Rates of new neurological deficit associated with spine surgery based on 108,419 procedures: a report of the scoliosis research society morbidity and mortality committee. *Spine*, 2011, vol. 36, no. 15, pp. 1218-1228. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181ec5fd9.
20. Zhang T., Tao H., Huang J., Li T., Shen C., Chen B., Chen X., Yang W., Liu M., Luo Z. Neurological complications of posterior vertebral column resection for severe rigid congenital spinal deformities. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*, 2015, vol. 53, no. 6, pp. 424-429.
21. Sacramento-Dominguez C., Yagi M., Ayanga J., Nemani V.M., Akoto H., Mahmud R., Wulff I.A., Gupta M., Papadopoulos E.C., Pellisé F., Sánchez-Pérez-Gruoso F., Hess W.F., Kim H.J., Hodes R., Boachie-Adjei O.; FOCOS Spine Research Group. Apex of deformity for three-column osteotomy. Does it matter in the occurrence of complications? *Spine J.*, 2015, vol. 15, no. 11, pp. 2351-2359. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.07.010.
22. Carreon L.Y., Sanders J.O., Diab M., Sturm P.F., Sucato D.J.; Spinal Deformity Study Group. Patient satisfaction after surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*, 2011, vol. 36, no. 12, pp. 965-968. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181e92b1d.
23. Rushton P.R., Grevitt M.P. What is the effect of surgery on the quality of life of the adolescent with adolescent idiopathic scoliosis? A review and statistical analysis of the literature. *Spine*, 2013, vol. 38, no. 9, pp. 786-794. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182837e95.
24. Lu W.W., Hu Y., Luk K.D., Cheung K.M., Leong J.C. Paraspinal muscle activities of patients with scoliosis after spine fusion: an electromyographic study. *Spine*, 2002, vol. 27, no. 11, pp.1180-1185.
25. Shein A.P., Krivoruchko G.A., Shchurova E.N., Kovalenko P.I., Pozdniakov A.V. Vliianie stepeni deformatsii pozvonochnika na neurofiziologicheskie kharakteristiki sensomotornogo defitsita [The effect of the spine deformity degree on the neurophysiological characteristics of sensomotor deficit]. *Khirurgiia Pozvonochnika*, 2007, no. 1, pp. 35-44. (in Russian)
26. Shein A.P., Krivoruchko G.A., Riabykh S.O. Reaktivnost i rezistentnost spinnomozgovykh struktur pri vypolnenii instrumentalnoi korrektsii deformatsii pozvonochnika [Reactivity and resistance of cerebrospinal structures when performing instrumental correction of the spine deformities]. *Rossiiskii Fiziologicheskii Zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2016, vol. 102, no. 12, pp. 1495-1504. (in Russian)
27. Gaidyshev I.P. Analiz i obrabotka dannykh: spets. spravochnik [Data analysis and processing: special manual]. SPb., Piter, 2001. 752 p. (in Russian)
28. Zoabli G., Mathieu P.A., Aubin C.E. Magnetic resonance imaging of the erector spinae muscles in Duchenne muscular dystrophy: implication for scoliotic deformities. *Scoliosis*, 2008, vol. 3, pp. 21. DOI: 10.1186/1748-7161-3-21.
29. Grebeniuk L.A., Kobzyev A.E. Ekhomorfometricheskie kharakteristiki kozhi cheloveka pri idiopaticeskom skolioze [Echo-morphometric characteristics of human skin for idiopathic scoliosis]. *Morfologiya*, 2014, vol. 146, no. 4, pp. 43-46. (in Russian)
30. Gorbach E.N., Shchurova E.N., Kobzyev A.E., Riabykh S.O., Ochirova P.V. Sostoianie temperaturno-bolevoi chuvstvitelnosti i morfologicheskie osobennosti kozhi spiny u bolnykh idiopaticeskimi skoliozom III-IV stepeni [Thermoesthesia-and-algesia condition and morphological features of the back skin in patients with Degree III-IV idiopathic scoliosis]. *Rossiiskii Fiziologicheskii Zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2015, vol. 101, no. 3, pp. 349-359. (in Russian)
31. Lazort G., Guaze A., Dzhindzhian R. *Vaskularizatsiia i gemodinamika spinnogo mozga* [Spinal cord vascularization and hemodynamics]. M., Meditsina, 1977. 256 p. (in Russian)
32. Jarzem P.F., Kostuik J.P., Filiaggi M., Doyle D.J., Ethier R., Tator C.H. Spinal cord distraction: an in vitro study of length, tension, and tissue pressure. *J. Spinal Disord.*, 1991, vol. 4, no. 2, pp. 177-182.
33. Awwad W., Bassi M., Shrier I., Al-Ahaideb A., Steele R.J., Jarzem P.F. Mitigating spinal cord distraction injuries: the effect of durotomy in decreasing cord interstitial pressure in vitro. *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.*, 2014, vol. 24, no. Suppl. 1, pp. S261-S267. DOI: 10.1007/s00590-013-1409-5.
34. Shchurova E.N., Khudiaevev A.T., Kovalenko P.I. Sviaz stepeni dekompensatsii krovotoka obolochek spinnogo mozga s velichinoi deformatsii pozvonochnika i rezultatami khirurgicheskogo lecheniia u patsientov s idiopaticeskimi skoliozom [The connection of decompensation degree of spinal cord tunic blood flow with the spine deformity amount and the results of surgical treatment in patients with idiopathic scoliosis]. *Khirurgiia Pozvonochnika*, 2006, no. 4, pp. 26-32. (in Russian)
35. Mironov S.P., Vetrile S.T., Natsvlshvili Z.G., Morozov A.K., Krupatkin A.I., Kuleshov A.A., Khokhrikov G.I., Vetrile M.S. Otsenka osobennosti spinalnogo krovoobrashcheniia, mikrotsirkulatsii v obolochkakh spinnogo mozga i neurovegetativnoi regulatsii pri skolioze [Evaluation of the features of spinal blood circulation, microcirculation in the spinal cord tunics and neurovegetative regulation in scoliosis]. *Khirurgiia Pozvonochnika*, 2006, no. 3, pp. 38-48. (in Russian)

Рукопись поступила 30.03.2018

#### Сведения об авторах:

1. Щурова Елена Николаевна, д. б. н.,  
ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава  
России, г. Курган, Россия;  
Email: elena.shurova@mail.ru
2. Прудникова Оксана Германовна, д. м. н.,  
ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава  
России, г. Курган, Россия
3. Рябых Сергей Олегович, д. м. н.,  
ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава  
России, г. Курган, Россия
4. Липин Сергей Алексеевич,  
ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава  
России, г. Курган, Россия

#### Information about the authors:

1. Elena N. Shchurova, Ph.D. of Biological Sci.,  
Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and  
Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation;  
Email: elena.shurova@mail.ru
2. Oksana G. Prudnikova, M.D., Ph.D.,  
Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and  
Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation
3. Sergey O. Ryabykh, M.D., Ph.D.,  
Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and  
Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation
4. Sergey A. Lipin,  
Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and  
Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation