

УДК 612.794:612.884:616.711-007.54/.55-009.634:616.833-006.38.03

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЖНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КОЖИ СПИНЫ У ПАЦИЕНТОВ С КИФОСКОЛИОЗОМ НА ФОНЕ НЕЙРОФИБРОМАТОЗА I ТИПА

Щурова Е.Н., Горбач Е.Н., Очирова П.В., Рябых С.О.

ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, Курган, e-mail: elena.shurova@mail.ru

Представлены результаты исследования кожной (температурно-болевого) чувствительности и морфологической структуры кожи спины у пациентов с кифосколиозом на фоне нейрофиброматоза I типа. Показано наличие нарушений температурно-болевого чувствительности у всех обследованных больных, которые проявлялись в виде гипестезии и термоанестезии и имели наибольшую степень выраженности в дерматомах с Th7 по L1. Анализ морфологической картины кожи спины в проекции вершины деформации показал наличие гистоструктурных изменений у всех пациентов. Однако, несмотря на это, у данной категории больных компенсаторно-адаптивные возможности функции сенсорной системы температурно-болевого чувствительности сохранены. Хирургическая коррекция тяжелой деформации позвоночника данной категории больных способствует улучшению состояния температурно-болевого чувствительности.

Ключевые слова: температурно-болевая чувствительность, морфологическая структура кожи спины, нейрофиброматоз I типа, кифосколиоз

SKIN SENSIBILITY END MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF THE SPINE SKIN IN PATIENTS WITH KYPHOSCOLIOSIS ASSOCIATED WITH NEUROFIBROMATOSIS TYPE I

Shchurova E.N., Gorbach E.N., Ochirova P.V., Ryabykh S.O.

Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, e-mail: elena.shurova@mail.ru

We present the findings of the study that investigated skin thermal and pain sensibility and morphological structure of the spine skin in patients with kyphoscoliosis associated with neurofibromatosis type 1. Disorders in the sensibility were found in all the patients studied. They were manifested by hypoesthesia and thermal anesthesia that was of greater degree in the dermatomes from Th7 through L1. The analysis of the skin morphological picture in the projection of the deformity apex showed that there were histostructural changes in all the patients. However, compensatory and adaptive functional abilities of the sensory system sensibility to temperatures and heat-pain were preserved in these patients. Surgical correction of a severe spine deformity provides improvement in the sensibility to temperatures and heat-pain.

Keywords: sensibility, temperature, pain, morphological skin structure, neurofibromatosis type 1, kyphoscoliosis

Нейрофиброматоз – наследственное заболевание, поражающее кожу, нервную ткань, костные и мягкотканые структуры [4, 8]. Это заболевание представляет собой наиболее распространенную форму моногенной наследственной патологии и встречается в популяции с частотой от 1:2000 до 1:4000 [6]. В 25–50% случаев нейрофиброматоз I типа проявляется кифосколиотической деформацией позвоночника [7, 8, 15], и как системное заболевание требует мультидисциплинарного подхода к диагностике и лечению [9, 14]. В литературе, несмотря на обширные научные исследования, критерии диагностики остаются клиническими [16]. Данные критерии базируются на оценке кожного покрова [8] и, актуальным в плане динамики и прогноза заболевания, является ее функциональная (температурно-болевая чувствительность) и морфологическая структура на до- и послеоперационном этапе.

Цель исследования – анализ кожной чувствительности и морфологической структу-

ры кожи спины у пациентов с кифосколиозом на фоне нейрофиброматоза I типа.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено у 10 пациентов с кифосколиозом на фоне нейрофиброматоза I типа. Возраст пациентов варьировал от 9 до 24 лет (в среднем $16,0 \pm 1,9$ лет). 5 пациентов было мужского, 5 – женского пола. Вертебральный синдром был представлен в 2-х случаях – дугой в шейно-грудном отделе позвоночника, в 8-х других – в грудно-поясничном отделе; величина деформации находилась в пределах от 50 до 140° по Cobb (в среднем $98,0 \pm 12,2^\circ$). До оперативного вмешательства только у 1 больного (10%) наблюдался грубый неврологический дефицит в виде нижнего парализа (тип С по Frenkel) и дисфункции тазовых органов.

Температурно-болевою чувствительность исследовали с помощью электрического эстезиометра (термистор фирмы «EPCOS Inc.», Германия) с одновременной регистрацией температуры кожи («Thermostar», фирмы «Nihon Kohden», Япония). Все измерения проводили симметрично справа и слева в области дерматомов Th₁–S₁ непосредственно до оперативного лечения, через 2 недели и через год. Всем пациентам выполнено гистологическое исследование

интраоперационного материала кожи, взятого в проекции вершины деформации при выполнении доступа к задним отделам позвоночного столба в ходе хирургического лечения, с использованием световой и сканирующей электронной микроскопии. В работе использовались электронный сканирующий микроскоп JSM-840 (Япония), аппаратно-программный комплекс «ДиаМорф» на базе светового фотомикроскопа фирмы «Opton» (Германия), программа-анализатор цифровых изображений «ВидеоТест-Мастер-Морфология» (Россия). Исследования на людях были одобрены комитетом по этике ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова Минздрава России» и проводились в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинской декларации. Родители детей или лица их замещающие подписали информированное добровольное согласие на проведение диагностических исследований, медицинского вмешательства.

Все пациенты прооперированы. В 8 случаях была выполнена задняя инструментальная фиксация погрузной транспедикулярной системой (в 3 случаях из 8 выполнена динамическая система по типу TSRH, с последующей этапной дистракцией), в 2 других – транспедикулярная инструментальная фиксация дополнена вариантами корригирующих вертебротомий (по Smith – Peterson, VCR).

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета анализа данных Microsoft EXCEL-2010 и программы Attestat-2001 [2]. Для определения нормальности распределения выборки использовали критерий Шапиро–Уилка. При нормальном распределении количественных показателей для парных сравнений использовался t-критерий Стьюдента. В остальных случаях использовали непараметрические методы (для анализа несвязанных

выборок критерий Манна–Уитни, для сравнения различий между связанными выборками критерий Вилкоксона). Принятый уровень значимости – 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ результатов исследований показал, что у всех обследованных пациентов с кифосколиозом на фоне нейрофиброматоза I типа наблюдались нарушения температурно-болевого чувствительности в области дерматомов Th₁–S₁. Негативные изменения проявлялись в виде гипестезии и отсутствия тепловой чувствительности (термоанестезии). Не было определено значительной разницы показателей температурно-болевого чувствительности на правой и левой стороне. Кроме того, степень нарушений достоверно не зависела от величины деформации позвоночника.

С дерматома Th₁ и ниже (табл. 1) выраженность нарушений увеличивалась, достигая максимума в дерматомах с Th₇ по L₁, где в 25-42% случаев отсутствовала тепловая чувствительность, в 58-100% – ее пороги превышали уровень нормы (на 3-8 °С, p < 0,01) (табл. 2), в 100% случаев пороги болевой чувствительности были повышены (на 2-8 °С, p < 0,05). Следует заметить, что в области дерматомов с Th₇ по L₁, в большинстве случаев, располагалась вершина деформации позвоночника. В этих дерматомах увеличивалась доля больных с отсутствием тепловой чувствительности (в среднем до 33,2±5,6%).

Таблица 1

Процентное соотношение дерматомов с различными нарушениями температурно-болевого чувствительности у больных с нейрофиброматозом I типа при наличии тяжелых форм кифосколиоза (10 больных, 360 дерматомов)

Дерматомы	Тепловая чувствительность		Болевая чувствительность		
	Порог в норме (%)	Порог повышен (%)	Отсутствует (%)	Порог в норме (%)	Порог повышен (%)
Th ₁ (n=20)	58	25	17	58	42
Th ₂ (n=20)	33	50	17	58	42
Th ₃ (n=20)	8	75	17	42	58
Th ₄ (n=20)	33	42	25	50	50
Th ₅ (n=20)	17	50	25	25	75
Th ₆ (n=20)	0	75	25	8	92
Th ₇ (n=20)	0	67	33	0	100
Th ₈ (n=20)	0	83	17	0	100
Th ₉ (n=20)	0	100	0	0	100
Th ₁₀ (n=20)	0	58	42	0	100
Th ₁₁ (n=20)	0	83	17	0	100
Th ₁₂ (n=20)	0	75	25	0	100
L ₁ (n=20)	0	58	42	0	100
L ₂ (n=20)	0	67	33	25	75
L ₃ (n=20)	0	75	25	17	83
L ₄ (n=20)	0	58	42	17	83
L ₅ (n=20)	0	42	58	17	83
S ₁ (n=20)	0	67	33	17	83

Таблица 2

Показатели температурно-болевого чувствительности ($M \pm m$) у больных с нейрофиброматозом I типа при наличии тяжелых форм кифосколиоза

Дерматомы	Температура кожи (градусы)	Тепловая чувствительность (градусы)		Болевая чувствительность (градусы)	
		Порог в норме	Порог повышен	Порог в норме	Порог повышен
Th ₁ (n=20)	33,3±0,3	34,4±0,7	39,5±0,7*	41,1±0,3	45,2±0,8*
Th ₂ (n=20)	33,8±0,2	35,0±0,6	40,2±0,8*	41,3±0,5	45,0±0,5*
Th ₃ (n=20)	34,2±0,3	-	40,5±0,4*	42,2±0,4	45,0±0,3*
Th ₄ (n=20)	34,6±0,3	36,0±0,6	40,2±0,6*	42,5±0,5	45,5±0,5*
Th ₅ (n=20)	34,6±0,3	-	40,8±0,6*	42,3±0,3	45,2±0,5*
Th ₆ (n=20)	34,5±0,2	-	40,5±0,6*	41,3±0,9	46,0±0,6*
Th ₇ (n=20)	34,5±0,3	-	41,8±0,7*	-	46,4±0,5*
Th ₈ (n=20)	34,2±0,3	-	40,7±0,4*	-	45,6±0,4*
Th ₉ (n=20)	34,6±0,3	-	42,1±0,4*	-	46,8±0,5*
Th ₁₀ (n=20)	34,8±0,3	-	42,7±0,8*	-	46,8±0,5*
Th ₁₁ (n=20)	34,7±0,3	-	42,2±0,4*	-	46,4±0,4*
Th ₁₂ (n=20)	35,0±0,2	-	41,7±0,9*	-	46,5±0,6*
L ₁ (n=20)	35,0±0,3	-	41,4±0,6*	-	46,0±0,4*
L ₂ (n=20)	33,5±0,3	-	41,1±0,8*	42,8±0,3	46,2±0,7*
L ₃ (n=20)	33,2±0,2	-	40,7±0,5*	42,3±0,2	45,7±0,4*
L ₄ (n=20)	33,3±0,2	-	42,7±0,8*	41,1±0,4	47,1±0,7*
L ₅ (n=20)	33,3±0,3	-	42,3±1,1*	42,1±0,1	47,5±0,5*
S ₁ (n=20)	32,2±0,4	-	43,0±0,7*	41,0±0,1	47,2±0,7*

Примечание. * – достоверность отличия показателей от уровня нормы, $p < 0,01$. Согласно критерию Шапиро-Уилка гипотеза о нормальности распределения не отклонялась. Для оценки достоверности различия средних использован t-критерий Стьюдента.

Таким образом, в дерматомах с Th₇ по L₁ в наибольшей степени нарушена температурно-болевого чувствительность, в области этих дерматомов не определяются пороги тепла и боли соответствующие норме.

Анализ морфологической картины кожи спины в проекции вершины деформации и в области с максимальными нарушениями температурно-болевого чувствительности показал наличие гистоструктурных изменений у всех пациентов. Это выражалось в уменьшении толщины эпидермиса и дермы, сглаженностью рельефного рисунка (рис. 1а), пигментацией клеток базального слоя эпидермиса, уплотнением волокнистого остова сосочкового и сетчатого слоев дермы (рис. 1б), фиброзированием просветов отдельных сосудов (рис. 1в). Вдоль большинства сосудов микроциркуляторного русла выявляли воспалительный инфильтрат (рис. 1г). Многие из них были гиперемированы. Обнаруживались гистоструктурные изме-

нения стенок артерий крупного и среднего калибра (рис. 1в).

Это выражалось в изменении соотношения мышечно-соединительнотканых компонентов, нарушении пространственной ориентации клеток и волокон, частичном разрушении внутренней эластической мембраны. В некоторых нервах кожи отмечали отёк периневрального пространства, нарушение ориентации нервных волокон в стволах, разделение их массивными фиброзными перегородками (рис. 1д). Наблюдали наличие признаков липоматоза в отдельных участках нервных стволиков. В некоторых ветвях нервов кожи доминировали фибробласты и в меньшей степени – клетки шванновского типа среди участков выраженного фиброза, в некоторых – дезориентированные шванноподобные клетки. В отдельных крупных нервах кожи отмечались грубые структурные изменения, с деструкцией большей части нервных волокон. В дерме наблюдали деструктурированные свободные нервные окончания (рис. 1е).

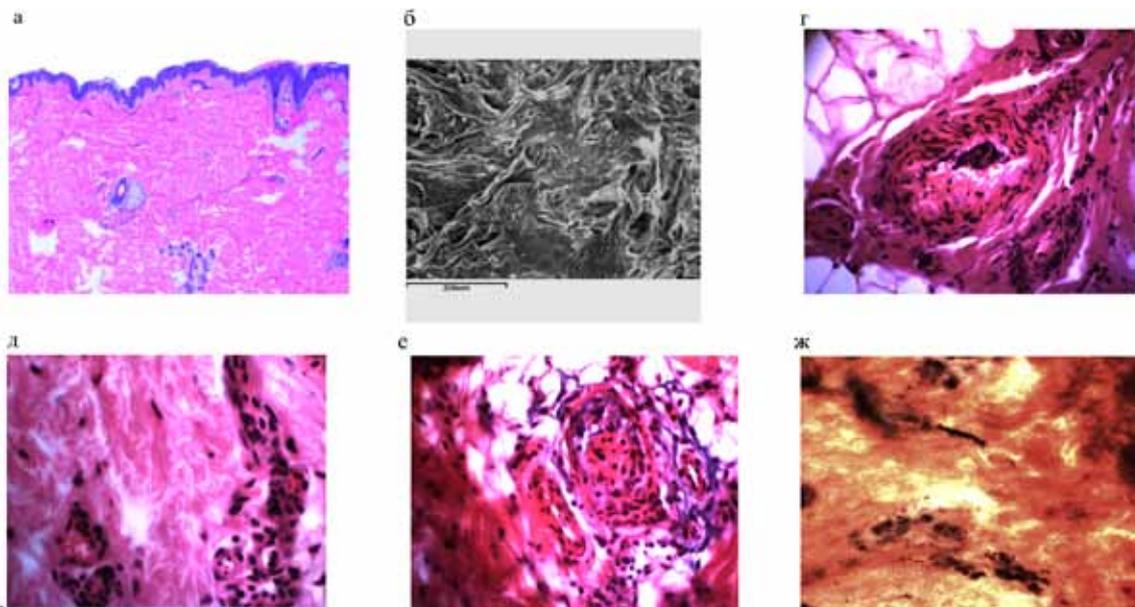


Рис. 1. Структурные изменения в коже больных с кифосколиозом на фоне нейрофиброматоза I типа:

а – гистоструктура кожного покрова пациентов. Окр. гематоксилином и эозином. Ув. 1,5х; б – фиброзированный участок сосочкового слоя дермы. Сканирующая электронная микроскопия. Ув. – 250х; в – изменение гистоструктуры сосудистых стенок и фиброзирование просвета сосудов артериального типа. Окр. гематоксилином и эозином. Ув. 400х; г – воспалительный инфильтрат по ходу микрососудов. Окр. гематоксилином и эозином. Ув. 400х; д – замещение нервных волокон фиброзной тканью в нерве кожи. Признаки липоматоза. Окр. гематоксилином и эозином. Ув. 200х; е – деструкция свободных нервных окончаний в сетчатом слое дермы. Импрегнация серебром по Рассказовой. Ув. 400х

После хирургического лечения средняя коррекция кифосколиотической деформации составила $51,3 \pm 9,8\%$ (величина дуги деформации: до лечения – $98,3 \pm 12,2^\circ$; после лечения – $48,3 \pm 10,1^\circ$). Анализ температурно-болевого чувствительности через две недели после операции показал, что в дерматомах с Th₁ по S₁ наблюдалась различной степени выраженности положительная динамика (рис. 2).

Наибольший процент улучшения болевой чувствительности наблюдался в дерматомах с Th₇ по L₂ – в 50-70% ($61,3 \pm 2,3\%$) случаев (рис. 2а), порог боли в этой области снижался на $1-6^\circ\text{C}$ (в среднем – $2,2 \pm 0,2^\circ\text{C}$, $p < 0,05$). В дерматомах Th₁-Th₆ порог боли уменьшался в 40-70% ($51,7 \pm 4,7\%$) случаев на $1-8^\circ\text{C}$ (в среднем – $3,8 \pm 0,4^\circ\text{C}$, $p < 0,05$). В дерматомах L₃-S₁ в 20-40% ($30,0 \pm 5,7\%$) случаев пороги боли уменьшились на $1-7^\circ\text{C}$ (в среднем – $2,6 \pm 0,5^\circ\text{C}$, $p < 0,05$). Положительная динамика тепловой чувствительности (рис. 2б) была в меньшей степени выражена – в $29,1 \pm 3,8\%$ случаев (от 10 до 70%), порог тепла уменьшался на $1-6^\circ\text{C}$ (в среднем – $3,7 \pm 0,5^\circ\text{C}$, $p < 0,05$). Достигнутые положительные изменения чувствительности у пациентов сохранялись в отдаленном периоде через год и более.

Анализ литературы показал, что в настоящее время отсутствует инструментальная, количественная оценка кожной чувствительности у больных с кифосколиозом на фоне нейрофиброматоза I типа. Не учитывается выраженность чувствительных расстройств, изменения строения нервных волокон в нервах кожи и рецепторного аппарата сенсорной системы температурно-болевого чувствительности.

В наших исследованиях наличие различных нарушений температурно-болевого чувствительности (гипестезия, термоанестезия) определено у всех обследованных пациентов. Негативные изменения не носили локального характера и выходили за пределы уровня деформации позвоночника (с Th1 до S1). Они не зависели от величины деформации позвоночника и стороны исследования.

Анализируя все вышеизложенные факты, можно сделать вывод, что нарушения температурно-болевого чувствительности могут быть вызваны первичным этиопатогенетическим фактором нейрофиброматоза, который может включать центральный механизм нарушения функции задних корешков спинного мозга [13], аномалиями дурального мешка и внутриканальными нейрофибромами [3, 16].

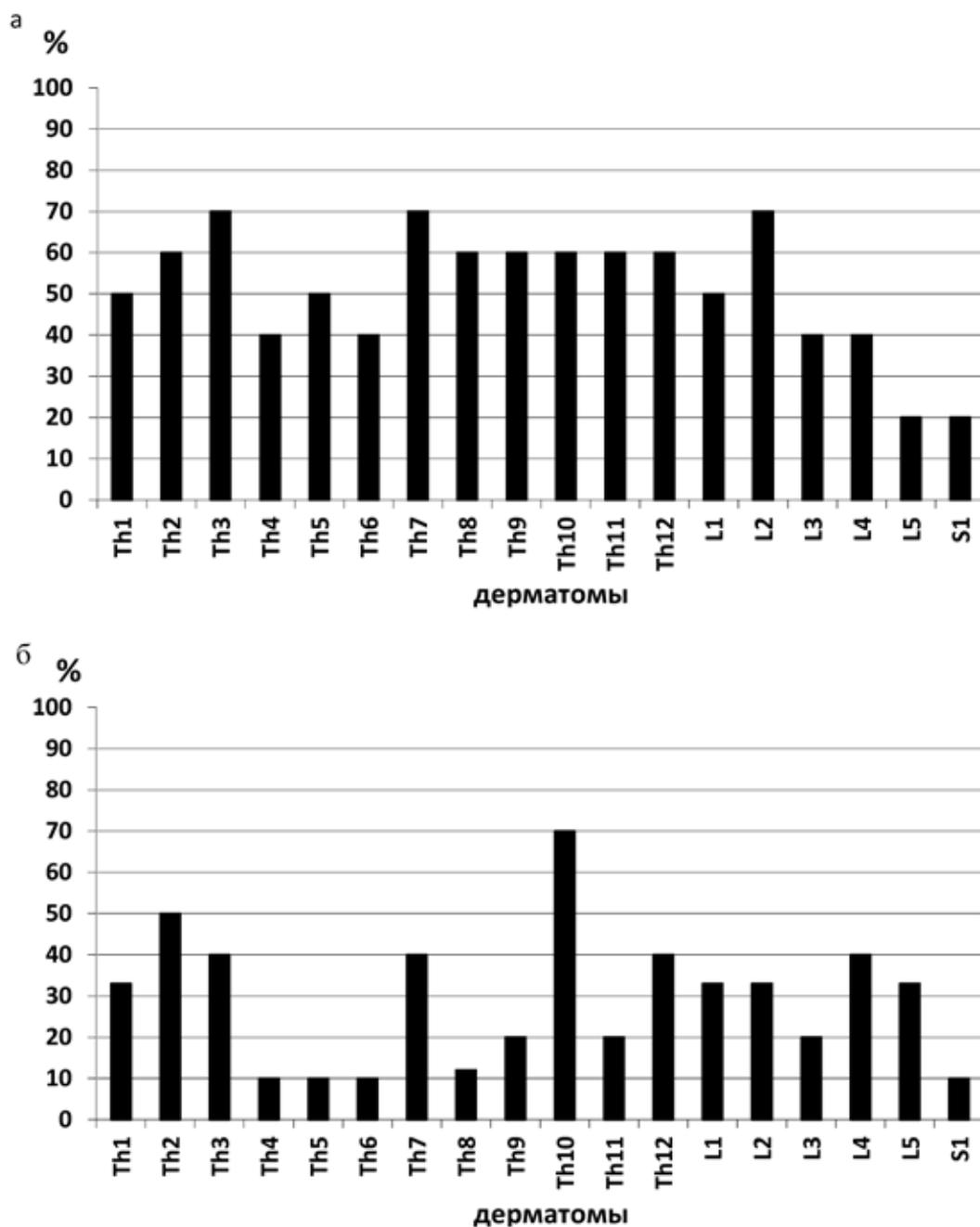


Рис. 2. Доля дерматомов (%) с улучшением температурно-болевого чувствительности после коррекции кифосколиоза у больных с нейрофиброматозом I типа:
 а – болевая чувствительность, б – тепловая чувствительность

Усиление выраженности нарушений температурно-болевого чувствительности на вершине деформации и каудальнее указывает на то, что к их этиопатогенетическим факторам, по-видимому, следует также отнести фактор кифосколиотической деформации, который способствует натяжению

спинного мозга и его корешков, и соответственно, деформации спинномозговых ганглиев и углублению нарушений их функции.

Гистологические исследования кожи спины в проекции вершины деформации показали наличие выраженных изменений в структурах эпидермиса, дермы, сосудов,

нервов кожи, свободных нервных окончаний у всех пациентов, что, по всей видимости, и являлось причиной значительных нарушений температурно-болевого чувствительности в исследуемой области.

Известно, что кифосколиотические деформации при нейрофиброматозе I типа имеют особенности: 1) раннюю манифестацию; 2) злокачественное прогрессирование [9, 16]. Доказано, что консервативное лечение оказывается неэффективным, а дальнейшее прогрессирование деформации позвоночника при данной патологии приводит к необратимым сердечно-легочным и неврологическим нарушениям, предотвратить развитие которых может только хирургическое вмешательство [14, 18]. Хирургическая коррекция кифосколиоза вызывает затруднения в связи с наличием выраженных многоплоскостных деформаций, низкой костной плотностью позвонков и частым выявлением нейрофиброма в позвоночном канале [16].

Поэтому важно отслеживать реакцию состояния пациента на оперативное лечение. Однако в литературе не освещена реакция сенсорной системы температурно-болевого чувствительности у больных с нейрофиброматозом I типа на оперативную коррекцию деформации позвоночника.

В наших исследованиях, при коррекции кифосколиотической дуги деформации в среднем на $51,3 \pm 9,8\%$ (величина дуги деформации: до лечения – $98,3 \pm 12,2^\circ$; после лечения – $48,3 \pm 10,1^\circ$) в дерматомах с Th₁ по S₁ наблюдалась различной степени выраженности положительная динамика состояния температурно-болевого чувствительности. Наибольший процент улучшения болевой чувствительности (50-70%) наблюдался в дерматомах с Th₇ по L₂, в области коррекции деформации.

В литературе, многие авторы сообщают о результатах хирургической коррекции кифосколиоза на фоне нейрофиброматоза I типа в тех же пределах – 40-50-60% (при исходных величинах деформации 65-79-85-102-132°) с удовлетворительными клиническими результатами, без неврологических осложнений [1, 4, 5, 10, 11, 12, 17]. Однако инструментальные исследования кожной чувствительности отсутствуют.

Положительная динамика температурно-болевого чувствительности после коррекции деформации позвоночника, в наших исследованиях, свидетельствует о сохранении компенсаторно-адаптивных возможностей функции сенсорной системы кожной чувствительности и оптимальной, физиологичной методики коррекции кифосколиотической деформации у больных с нейрофиброматозом I типа.

Заключение

Исследование кожной (температурно-болевого чувствительности) у пациентов с деформацией позвоночника на фоне нейрофиброматоза I типа показало наличие нарушений этого вида чувствительности у всех обследованных больных. Негативные изменения проявлялись в виде гипестезии и термоанестезии. С дерматома Th₁ и ниже выраженность нарушений увеличивалась, достигая максимума в дерматомах с Th₇ по L₁, где в большинстве случаев располагалась вершина деформации позвоночника. Гистологические исследования кожи спины в проекции вершины деформации показали наличие выраженных изменений в структурах эпидермиса, дермы, сосудов, нервов кожи, свободных нервных окончаний у всех пациентов, что по всей видимости, и являлось причиной нарушений температурно-болевого чувствительности в исследуемой области. Однако, несмотря на гистоструктурные изменения нервных окончаний у данной категории больных компенсаторно-адаптивные возможности функции сенсорной системы кожной чувствительности были сохранены. Хирургическая коррекция тяжелой деформации позвоночника данной категории больных способствовала улучшению состояния температурно-болевого чувствительности.

Список литературы

1. Васюра А.С., Новиков В.В., Михайловский М.В., Суздалов В.А., Новикова М.В., Сорокин А.Н. Хирургическое лечение деформаций позвоночника на почве нейрофиброматоза I типа с применением метода транспедикулярной фиксации // Хирургия позвоночника. – 2011. – № 3. – С. 38–45.
2. Гайдышев И.П. Анализ и обработка данных: Спец. Справочник. – СПб.: Питер, 2001. – 752 с.
3. Михайловский М.В. Деформации позвоночника при нейрофиброматозе: обзор литературы // Хирургия позвоночника. – 2005. – № 3. – С. 45–55.
4. Михайловский М.В., Зайдман А.М., Лебедева М.Н. Хирургическая коррекция деформаций позвоночника при нейрофиброматозе: опыт применения CDI // Хирургия позвоночника. – 2008. – № 3. – С. 8–15.
5. Михайловский М.В., Суздалов В.А., Долотин Д.Н. Ближайшие результаты хирургической коррекции инфантильных сколиотических деформаций на почве нейрофиброматоза I типа // Хирургия позвоночника. – 2011. – № 2. – С. 19–22.
6. Шнайдер Н.А. Нейрофиброматоз 1-го типа: этиопатогенез, клиника, диагностика, прогноз // Международный неврологический журнал. – 2007. – № . – С. 162–168.
7. Akbarnia B.A., Gabriel K.R., Beckman E., Chalk D. Prevalence of scoliosis in neurofibromatosis // Spine. 1992. Vol.7. № 8. P. S244–248.
8. Crawford A.H., Herrera-Soto J. Scoliosis associated with neurofibromatosis // Orthop Clin North Am. 2007. Vol.38. №4. P. 553–562.

9. Feldman D.S., Jordan C., Fonseca L. Orthopaedic manifestations of neurofibromatosis type 1 // *Am. Acad. Orthop. Surg.* 2010. Vol.18. № 6. P. 346-357.
10. Gregg T., Martikos K.. Surgical treatment of early onset scoliosis in neurofibromatosis // *Stud. Health Technol. Inform.* 2012. № 176. P. 330-333.
11. Koptan W., ElMiligui Y. Surgical correction of sever dystrophic neurofibromatosis scoliosis: an experience of 32 cases // *Eur. Spine J.* 2010. № 19. P. 1569–1575.
12. Li M., Fang X., Li Y., Ni J., Gu S., Zhu X. Successful use of posterior instrumented spinal fusion alone for scoliosis in 19 patients with neurofibromatosis type-1 followed up for at least 25 months // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2009. Vol. 129. № 7. P. 915-921.
13. Ruggieri M., Polizzi A., Salpietro V., Incorpora G., Nicita F., Pavone P. et al. Spinal neurofibromatosis with central nervous system involvement in a set of twin girls and a boy: further expansion of the phenotype // *Neuropediatrics.* 2013. Vol. 44. № 5. P. 239-244.
14. Trigui M., Ayadi K., Sakka M., Zribi W., Frikha F., Gdoura F., Sallemi S., Zribi M., Keskes H. Orthopaedic manifestations of Von Recklinghausen's neurofibromatosis // *Press. Med.* 2011. Vol. 40. № 3. P. 152-162.
15. Tsirikos A.I., Saifuddin A., Noordeen M.H. Spinal deformity in neurofibromatosis type-1: diagnosis and treatment // *Eur. Spine J.* 2005. Vol. 14. № 5. P. 427-439.
16. Vitale M.G., Guha A., Skaggs D.L. Orthopaedic manifestations of neurofibromatosis in children: an update // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2002. № 401. P. 107-118.
17. Winter R.B., Lonstein J.E., Anderson M. Neurofibromatosis hyperkyphosis: a review of 33 patients with kyphosis of 80 degrees or greater // *J Spinal. Disord.* 1988. Vol. 1. № 1. P. 39-49.
18. Winter R.B., Moe J.H., Bradford D.S., Lonstein J.E., Pedras C.V., Weber A.H. Spine deformity in neurofibromatosis. A review of one hundred and two patients // *J Bone Joint Surg. Am.* 1979. № 61. P. 677–694.