



ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА НА НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕНСОМОТОРНОГО ДЕФИЦИТА

А.П. Шейн, Г.А. Криворучко, Е.Н. Щурова, П.И. Коваленко, А.В. Поздняков

РНЦ «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Курган

Цель исследования. Электромиографическая оценка выраженности неврологического дефицита в системе нижних конечностей у больных с диспластическим сколиозом до лечения и на различных этапах оперативной коррекции оси позвоночника.

Материал и методы. Обследовано 107 пациентов в возрасте 11–27 лет с диспластическим С- и S-образным сколиозом III–IV степени. Применялись методы глобальной и стимуляционной электромиографии до операции, в ходе операции и после оперативного лечения.

Результаты. Определено, что дооперационный неврологический статус пациентов со сколиозом III–IV степени может быть существенно уточнен на основе предложенной версии комплексного нейрофизиологического тестирования сенсомоторного аппарата нижних конечностей. Данные послеоперационного электромиографического анализа проводниково-интегративных функций спинного мозга свидетельствуют о том, что технология коррекции деформации позвоночника у больных со сколиозом III–IV степени, основанная на применении аппарата наружной транспедикулярной фиксации, характеризуется низкой травматичностью, что не исключает необходимости организации интра- и послеоперационного нейрофизиологического мониторинга.

Заключение. Оперативное вмешательство и пролонгированная коррекция оси позвоночника приводит к развитию и последующей инволюции субклинических форм сенсомоторной недостаточности в системе нижних конечностей, более выраженных у больных со сколиозом IV степени.

Ключевые слова: сколиоз, спинной мозг, перимедуллярный кровоток, электромиография.

THE EFFECT OF SPINAL DEFORMITY GRADE ON NEUROPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SENSOMOTOR DEFICIT

A.P. Shein, G.A. Krivoruchko, E.N. Shchurova, P.I. Kovalenko, A.V. Pozdnyakov

Objective. Electromyographic assessment of neurological deficiency in lower limbs of patients with dysplastic scoliosis before the treatment and at different stages of surgical correction of the spine.

Material and Methods. A total of 107 patients at the age of 11 to 27 years with dysplastic C- and S-shaped scoliosis of grades III and IV was examined. The methods of general and stimulation electromyography were applied before surgery, intraoperatively, and after surgery.

Results. Preoperative neurological status of patients with grade III–IV scoliosis could be defined more exactly using the suggested version of complex neurophysiological testing of sensorimotor apparatus of the lower limbs. Data of postoperative electroneuromyographic analysis of conduction integrative functions of the spinal cord evidence that spine deformity correction in patients with grade III–IV scoliosis by applying an external transpedicular fixation is less invasive but this does not exclude the need for intra- and postoperative neurophysiological monitoring.

Conclusion. Surgical intervention and prolonged correction of the spine axis result in development and subsequent involution of subclinical forms of sensory and motor deficiency in the lower limbs which are more intense in grade IV scoliosis patients.

Key Words: scoliosis, spinal cord, perimedullary blood flow, electromyography.

Hir. Pozvonoc. 2007;(1):35–43.

Введение

Известно, что у детей и подростков, страдающих диспластическим сколиозом III и IV степени, на вершине деформации дуральный мешок со всем его содержимым смещается в вогнутую часть позвоночника и находится в состоянии натяжения за счет перерастянутых и напряженных спинномозговых корешков [1, 3, 4]. Поверхностные оболочечные и некоторые корешковые артерии оказываются напряженными и сдавленными [2]. Установлена зависимость между относительными величинами интраоперационно измеренного на вершине сколиотической дуги объемного капиллярного кровотока (ОКК) оболочек спинного мозга (СМ) и углом деформации позвоночника [7]. Возникает вопрос, в какой мере степень деформации позвоночника и связанные с ней пери- и интрамедуллярные дисциркуляторные нарушения на уровне вершины сколиотической дуги влияют на функциональные характеристики нижележащих спинальных центров, обеспечивающих сомоторную иннервацию нижних конечностей.

Цель исследования – электромиографическая оценка выраженности неврологического дефицита в системе нижних конечностей у больных с диспластическим сколиозом до лечения и на различных этапах оперативной коррекции оси позвоночника.

Материал и методы

Обследовано 107 пациентов (11 мужчин, 96 женщин) в возрасте 11–27 ($16,0 \pm 0,3$) лет с диспластическим С-образным (42 пациента) и S-образным (65 пациентов) сколиозом III (53 пациента) и IV (54 пациента) степени. В группе больных с S-образным сколиозом у трех пациентов вершина сколиотической дуги в грудном отделе позвоночника была направлена влево, у 62 – вправо; в группе с С-образным сколиозом у 8 пациентов вершина сколиотической дуги направлена влево, у 34 – вправо.

Для коррекции деформации и стабилизации сегментов позвоночника применялся аппарат наружной транспедикулярной фиксации [5]. Выполнялись следующие виды хирургических вмешательств:

- 1) дискотомия из заднего доступа одного-двух дисков на вершине сколиотической дуги с захватом обеих замыкательных пластинок (40 случаев);
- 2) дискотомия из заднего доступа одного-двух дисков на вершине сколиотической дуги с захватом обеих замыкательных пластинок, затем в диски с обеих сторон вводились аутоотрансплантаты (1 случай);
- 3) передний расклинивающий спондилодез после торакотомии при локализации искривления в грудном отделе позвоночника и внебрюшинный доступ при искривлении в поясничном отделе (при переднем спондилодезе в качестве имплантата использовали аутокость), формирование с обеих сторон от остистых отростков лоя на вершине дуги искривления, в которое укладывались аутоотрансплантаты из ребер, полученные при резекции реберного горба (10 случаев);
- 4) передний расклинивающий спондилодез после торакотомии при локализации искривления в грудном отделе позвоночника и внебрюшинный доступ при искривлении в поясничном отделе с использованием в качестве имплантата аутокости (1 случай), гомокости (8 случаев) и пористого никелида титана (47 случаев).

Клинических признаков грубых неврологических осложнений после оперативного вмешательства и в процессе коррекции оси позвоночника у больных анализируемой выборки не отмечалось. Средний срок лечения в аппарате составил 244 ± 9 дней, пролонгированная коррекция деформации продолжалась в среднем 153 ± 7 дней, средний срок фиксации – 116 ± 4 дня. Пациентам, у которых, по данным КТ, костный блок в опери-

рованном сегменте по истечении пяти месяцев не был сформирован, фиксацию продолжали еще 1–1,5 месяца.

Использован разработанный нами комплекс нейрофизиологических методик для мониторинга проводниково-интегративных функций спинного мозга у пациентов с травмами и заболеваниями позвоночника и спинного мозга [6], включающий регистрацию и анализ транскраниально вызванных потенциалов (ТВП) с отведением ТВП от *m.tibialis anterior*, М-ответов (*m.tibialis anterior*, *m.extensor digitorum brevis*, *m.gastrocnemius (c.l.)*, *m.soleus*, *m.flexor digitorum brevis*, *m.rectus femoris*), Н-рефлексов (*m.gastrocnemius (c.l.)*, *m.soleus*), глобальной ЭМГ (функциональная проба: «максимальное произвольное напряжение»; объекты тестирования: *m.tibialis anterior*, *m.gastrocnemius (c.l.)*, *m.biceps femoris*, *m.rectus femoris*). Тестировали одноименные группы мышц слева и справа. В качестве контроля использованы данные 40 здоровых испытуемых 17–24 лет. Используемое оборудование: цифровая система ЭМГ и ВП «Viking-IV», включающая в себя опции магнитоимпульсного стимулятора «Quadropuls-500» и пакет прикладных программ, обеспечивающих регистрацию и анализ произвольной и вызванной форм биоэлектрической активности мышц. Стимуляция моторной коры производилась с помощью двойного конического индуктора DC 110 мм с максимальной интенсивностью стимула – 1,4 Тл, позволяющего стимулировать глубинные структуры мозга (ТВП, отведенные от *m.tibialis anterior* с использованием указанного индуктора, зарегистрированы в 100 % случаев). Применена интенсивность стимула, превышающая на 20 % пороговую величину, регистрируемую на фоне слабого (порядка 5 % от максимального) напряжения тестируемой мышцы. Ориентация фокуса интенсивности магнитного импульса, генерируемого индуктором – 1,5–2,0 см кзади от Cz. Из четырех-восьми синхронно зарегистрированных пар ТВП (ответы с левой и пра-

вой конечностей) анализу подвергались минимальные по латентности и максимальные по амплитуде ТВП для каждой из тестируемых одноименных мышц. Обследование пациентов производилось до лечения, через один месяц после оперативного вмешательства, через пять-семь дней после снятия аппарата наружной транспедикулярной фиксации, а также через 6, 12 и 24 мес. после окончания лечения. У 10 больных был проведен интраоперационный мониторинг состояния микроциркуляции оболочек СМ. ОКК оболочек СМ оценивался с помощью лазерного доплеровского флоуметра «BLF-21» с использованием интраоперационного игольчатого датчика N18. Измерения проводили в зоне максимального изгиба СМ (на вершине деформации)

и на 1 см краниальнее и каудальнее от него в грудном отделе. Статистическая обработка материалов производилась с помощью пакета анализа данных Microsoft EXCEL (описательная статистика и корреляционный анализ). Достоверность различия средних оценивали с помощью t-критерия Стьюдента для независимых выборок, а степень взаимосвязи признаков – с помощью линейного коэффициента корреляции Пирсона.

Результаты и их обсуждение

При проведении статистического анализа выборка обследуемых пациентов была распределена на две группы: I – пациенты со сколиозом III степени, II – пациенты со сколиозом IV степени. Средний угол деформации

в грудном отделе позвоночника у больных I группы до оперативного вмешательства составил $36,2^\circ \pm 1,1^\circ$; II группы – $61,5^\circ \pm 1,4^\circ$, а относительная величина коррекции оси позвоночника, достигнутая в процессе одноэтапного лечения, в I группе составила в среднем 55,9 %, а во II – 58,0 %.

Основываясь на предположении, что возможные ишемические явления в спинно-мозговых структурах, расположенных на уровне вершины сколиотической дуги, распространяются на весь поперечник СМ в целом, включая восходящие и нисходящие тракты, обеспечивающие взаимодействие люмбосакральных моторных центров с церебральными структурами, мы сочли целесообразным при первичной статистической обработке полученного материала объе-

Таблица 1

Амплитуда Н-рефлекса на различных этапах лечения у пациентов со сколиозом III и IV степени (М ± m; мВ и % от М-ответа)

Показатели в группах	До операции (n ₁ = 106; n ₂ = 108)	Через 1 мес. после операции (n ₁ = 84; n ₂ = 78)	После снятия аппарата			
			через 5–7 дней (n ₁ = 76; n ₂ = 100)	через 6 мес. (n ₁ = 82; n ₂ = 86)	через 1 год (n ₁ = 46; n ₂ = 36)	через 2 года (n ₁ = 26; n ₂ = 8)
<i>m.gastro-cnemius (c.l.)</i>						
I						
Нр, мВ	6,84 ± 0,33	7,61 ± 0,46	7,24 ± 0,37	6,92 ± 0,41	6,81 ± 0,46	8,25 ± 0,80
(%)	(94,5)	(111,3)	(105,8)	(101,2)	(99,6)	(120,6)
Нр/Мо, %	22,3 ± 1,0	25,0 ± 1,4	25,2 ± 1,2	25,3 ± 1,5	21,9 ± 1,4	25,0 ± 2,3
II						
Нр, мВ	7,71 ± 0,33	8,54 ± 0,39	8,32 ± 0,37	7,95 ± 0,35	8,45 ± 0,63	9,60 ± 0,89
(%)	(106,5)	(110,8)	(107,9) #	(103,1) #	(109,6) #	(124,5) *
Нр/Мо, %	25,3 ± 1,2	27,9 ± 1,3	30,2 ± 1,6* #	29,9 ± 1,5* #	33,7 ± 3,0* #	31,7 ± 3,3
<i>m.soleus</i>						
I						
Нр, мВ	9,47 ± 0,40	9,49 ± 0,50	9,50 ± 0,42	8,96 ± 0,46	9,04 ± 0,6	10,68 ± 1,01
(%)	(98,0)	(100,2)	(100,3)	(94,6)	(95,4)	(112,8)
Нр/Мо, %	34,5 ± 1,4	35,4 ± 1,8	35,0 ± 1,5	36,0 ± 1,6	33,1 ± 1,9	34,8 ± 3,4
II						
Нр, мВ	9,90 ± 0,41	10,18 ± 0,46	10,29 ± 0,49	9,44 ± 0,39	9,91 ± 0,75	11,71 ± 1,34
(%)	(102,5)	(102,8)	(103,9)	(97,7)	(102,6)	(121,2)
Нр/Мо, %	35,3 ± 1,3	37,0 ± 1,6	40,4 ± 1,9* #	39,4 ± 1,6* #	44,8 ± 3,2* #	46,4 ± 5,6

n₁, n₂ – число обследованных мышц у больных I и II групп соответственно; Нр – Н-рефлекс; Мо – М-ответ; в колонке «до операции» в скобках представлены показатели, выраженные в процентах от контрольных величин (здоровые испытуемые), в остальных колонках – от дооперационных величин;

κ – средние дооперационные показатели, достоверно (P < 0,05) отличающиеся от контрольных величин (здоровые испытуемые);

* – средние показатели, достоверно (P < 0,05) отличающиеся от дооперационных величин;

– средние показатели II группы, достоверно (P < 0,05) отличающиеся по срокам от средних показателей I группы.

динить результаты нейрофизиологического тестирования одноименных мышц левой и правой конечностей. Усредненные в соответствии со сроками обследования ЭМГ-показатели произвольной и вызванной биоэлект-

рической активности мышц нижних конечностей представлены в табл. 1-4.

Из табл. 1 следует, что до оперативного вмешательства у пациентов I группы уровень рефлекторной возбудимости, характеризуемый абсолютными значениями Н-рефлексов,

в отведениях от *m.gastrocnemius (c.l.)* и *m.soleus* оказался несколько снижен по сравнению с контролем (соответственно на 5,5 и 2,0 %; $P > 0,05$), а во II группе, наоборот, увеличен на 6,5 и 2,5 % ($P > 0,05$) по сравнению с данными контрольной группы. При этом

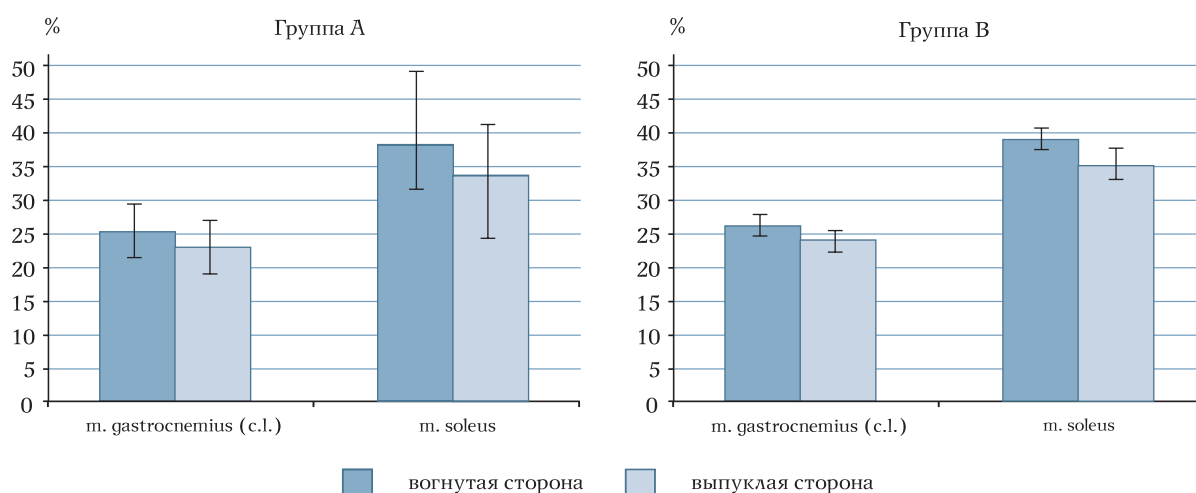


Рис.

Средние значения H_{\max}/M_{\max} ($M \pm m$) в отведениях от *m.gastrocnemius (c.l.)* и *m.soleus* у больных с левонаправленной (группа А) и правонаправленной (группа Б) вершиной сколиотической дуги

Таблица 2

Показатели транскраниально вызванных потенциалов *m. tibialis anterior* на различных этапах лечения у пациентов со сколиозом III и IV степени ($M \pm m$)

Показатели в группах	До операции ($n_1 = 106$; $n_2 = 108$)	Через 1 мес. после операции ($n_1 = 80$; $n_2 = 76$)	После снятия аппарата			
			через 5–7 дней ($n_1 = 86$; $n_2 = 82$)	через 6 мес. ($n_1 = 82$; $n_2 = 82$)	через 1 год ($n_1 = 48$; $n_2 = 36$)	через 2 года ($n_1 = 26$; $n_2 = 8$)
Амплитуда, мВ (%)						
I	4,94 ± 0,19 (98,8)	3,81 ± 0,26 (77,1)*	4,64 ± 0,23 (93,9)	4,90 ± 0,20 (99,2)	4,39 ± 0,24 (88,9)	5,11 ± 0,39 (103,4)
II	5,03 ± 0,21 (100,6)	3,97 ± 0,25 (78,9)*	4,91 ± 0,29 (97,6)	4,96 ± 0,21 (98,6)	4,85 ± 0,48 (96,4)	5,44 ± 0,99 (108,2)
Латентность, мс (%)						
I	24,60 ± 0,10 (87,6) ^к	25,30 ± 0,30 (102,9)*	25,20 ± 0,30 (102,4)	25,30 ± 0,20 (102,9)*	24,70 ± 0,30 (100,4)	24,80 ± 0,40 (100,8)
II	24,30 ± 0,20 (86,5) ^к	25,60 ± 0,50 (105,4)*	25,40 ± 0,40 (104,5)*	24,30 ± 0,30 (100,0)	26,30 ± 0,40 (108,2)* [#]	26,30 ± 1,20 (106,9) [#]

См. примечание к табл. 1.

соотношение H_{\max}/M_{\max} , выраженное в процентах от M_{\max} , в отведениях от *m.gastrocnemius (c.l.)* и *m.soleus* в контрольной группе составило соответственно $22,1 \pm 0,9\%$ и $37,6 \pm 1,8\%$, в I группе – $22,3 \pm 1,0\%$ и $34,5 \pm 1,4\%$, во II группе – $25,3 \pm 1,1\%$ и $35,3 \pm 1,3\%$. Различия средних величин H_{\max}/M_{\max} в отведении от *m.gastrocnemius (c.l.)* в I и II группах оказалось статистически значимым ($P < 0,05$). Кроме того, достоверным ($P < 0,05$) оказалось различие средних H_{\max}/M_{\max} в отведении

от *m.gastrocnemius (c.l.)* при сравнении данных пациентов II и контрольной групп, что в совокупности подтверждает факт существования некоторого дефицита нисходящих тонических влияний со стороны надсегментарных структур, осуществляющих пресинаптическое торможение IA афферентов у больных с более выраженной деформацией позвоночника (со сколиозом IV степени).

С целью проверки гипотезы об ОКК-зависимости этих нисходящих влияний на уровень рефлектор-

ной возбудимости спинальных α -мотонейронов проведена оценка взаимосвязи между интраоперационно измеренными на вершине сколиотической дуги значениями ОКК и дооперационными величинами H_{\max}/M_{\max} *m.gastrocnemius (c.l.)* и *m.soleus*. Полученные коэффициенты линейной корреляции Пирсона, рассчитанные для объединенных выборок (левая и правая конечности) H_{\max}/M_{\max} *m.gastrocnemius (c.l.)* и *m.soleus*, составили соответственно $-0,664$ ($P < 0,05$) и $-0,543$ ($P < 0,05$),

Таблица 3

Амплитуда моторных ответов на различных этапах лечения у пациентов со сколиозом III и IV степени ($M \pm m$; мВ)

Группы пациентов	До операции ($n_1 = 106$; $n_2 = 108$)	Через 1 мес. после операции ($n_1 = 82$; $n_2 = 76$)	После снятия аппарата			
			через 5–7 дней ($n_1 = 88$; $n_2 = 74$)	через 6 мес. ($n_1 = 82$; $n_2 = 84$)	через 1 год ($n_1 = 46$; $n_2 = 34$)	через 2 года ($n_1 = 26$; $n_2 = 8$)
<i>m.tibialis anterior</i>						
I	$8,33 \pm 0,20$ (106,1)	$9,05 \pm 0,30$ (108,6)*	$8,69 \pm 0,25$ (104,3)	$7,77 \pm 0,21$ (93,3)	$8,17 \pm 0,27$ (98,1)	$8,60 \pm 0,36$ (103,7)
II	$7,87 \pm 0,17$ (100,2)	$8,82 \pm 0,25$ (112,1)*	$7,66 \pm 0,23$ (97,3)#	$7,13 \pm 0,19$ (90,6)*#	$7,29 \pm 0,27$ (92,6)#	$7,98 \pm 0,66$ (101,4)
<i>m.extensor digitorum brevis</i>						
I	$8,21 \pm 0,33$ (77,6)к	$7,84 \pm 0,40$ (95,5)	$8,11 \pm 0,40$ (98,8)	$8,32 \pm 0,37$ (101,3)	$8,55 \pm 0,61$ (104,1)	$8,32 \pm 0,79$ (101,3)
II	$7,78 \pm 0,29$ (73,5)к	$7,53 \pm 0,40$ (96,7)	$7,63 \pm 0,31$ (98,1)	$6,92 \pm 0,29$ (88,9)*#	$7,50 \pm 0,53$ (96,4)	$6,02 \pm 1,37$ (77,4)#
<i>m.rectus femoris</i>						
I	$20,1 \pm 0,34$ (95,3)	$19,54 \pm 0,39$ (97,2)	$18,76 \pm 0,40$ (93,3)*	$19,47 \pm 0,38$ (96,9)	$19,90 \pm 0,58$ (99,0)	$20,94 \pm 0,78$ (104,2)
II	$20,1 \pm 0,40$ (95,3)	$19,5 \pm 0,60$ (97,0)	$18,25 \pm 0,51$ (90,8)*	$18,49 \pm 0,38$ (92,0)*	$19,3 \pm 1,33$ (96,0)	$19,04 \pm 0,89$ (94,7)
<i>m.gastro-cnemius (c.l.)</i>						
I	$31,0 \pm 0,75$ (98,5)	$30,91 \pm 0,81$ (99,7)	$29,13 \pm 0,68$ (94,9)	$27,73 \pm 0,61$ (89,4)*	$30,95 \pm 0,83$ (99,8)	$32,07 \pm 1,27$ (103,4)
II	$31,34 \pm 0,6$ (99,6)	$31,12 \pm 0,66$ (99,3)	$28,61 \pm 0,73$ (91,3)*	$27,9 \pm 0,65$ (89,0)*	$27,39 \pm 0,75$ (87,4)*#	$30,64 \pm 1,41$ (97,8)
<i>m.soleus</i>						
I	$28,1 \pm 0,66$ (105,8)	$27,69 \pm 0,78$ (98,5)	$28,1 \pm 0,66$ (100,0)	$25,0 \pm 0,65$ (89,0)*	$27,5 \pm 0,88$ (97,9)	$29,49 \pm 1,54$ (105,0)
II	$28,2 \pm 0,53$ (106,2)к	$27,71 \pm 0,59$ (98,3)	$25,74 \pm 0,58$ (91,3)*#	$24,24 \pm 0,53$ (86,0)*	$22,93 \pm 0,75$ (81,3)*#	$25,52 \pm 1,42$ (90,5)#
<i>m.flexor digitorum brevis</i>						
I	$19,6 \pm 0,64$ (108,1)	$21,57 \pm 0,80$ (110,1)	$21,91 \pm 0,71$ (111,8)*	$19,31 \pm 0,68$ (98,5)	$18,77 \pm 0,79$ (95,8)	$20,44 \pm 1,31$ (104,3)
II	$21,53 \pm 0,5$ (118,6)к#	$22,5 \pm 0,66$ (104,5)	$23,33 \pm 0,74$ (108,4)*	$21,0 \pm 0,69$ (97,5)	$19,82 \pm 0,89$ (92,1)	$15,25 \pm 0,78$ (70,8)*#

См. примечание к табл. 1.

Таблица 4

Динамика средней амплитуды (СА) и частоты следования колебаний (ЧСК) суммарной ЭМГ у пациентов со сколиозом III и IV степени ($M \pm m$)

Показатели в группах	До операции ($n_1 = 106;$ $n_2 = 108$)	Через 1 мес. после операции ($n_1 = 84;$ $n_2 = 78$)	После снятия аппарата			
			через 5–7 дней ($n_1 = 76;$ $n_2 = 100$)	через 6 мес. ($n_1 = 82;$ $n_2 = 86$)	через 1 год ($n_1 = 46;$ $n_2 = 36$)	через 2 года ($n_1 = 26;$ $n_2 = 8$)
<i>m. tibialis anterior</i>						
I						
СА, мВ (%)	0,56 ± 0,02 (86,2) ^к	0,53 ± 0,02 (94,6)	0,52 ± 0,02 (96,3)	0,55 ± 0,02 (98,2)	0,58 ± 0,02 (103,6)	0,57 ± 0,03 (101,8)
ЧСК, кол./с (%)	284 ± 4 (93,3)	279 ± 5 (98,2)	284 ± 5 (100,0)	306 ± 6 (100,6)*	307 ± 7 (108,1)*	302 ± 7 (106,3)*
II						
СА, мВ (%)	0,54 ± 0,02 (83,1) ^к	0,4 ± 0,02 (74,1)* [#]	0,51 ± 0,02 (94,4)	0,52 ± 0,02 (96,3)	0,50 ± 0,03 (96,6) [#]	0,65 ± 0,14 (120,4) [#]
ЧСК, кол./с (%)	278 ± 5 (91,4)	296 ± 6 (106,5) [#]	280 ± 6 (100,7)	291 ± 5 (104,7)* [#]	315 ± 11 (113,3)*	283 ± 22 (101,8)
<i>m. gastroc-nemius (c.l.)</i>						
I						
СА, мВ (%)	0,29 ± 0,01 (70,7) ^к	0,23 ± 0,01 (79,3)*	0,26 ± 0,01 (89,7)*	0,28 ± 0,01 (96,6)	0,29 ± 0,02 (100,0)	0,34 ± 0,02 (117,2)
ЧСК, кол./с (%)	286 ± 5 (106,7)	288 ± 7 (100,7)	278 ± 6 (97,2)	301 ± 7 (105,2)	299 ± 6 (104,6)	293 ± 7 (102,5)
II						
СА, мВ (%)	0,33 ± 0,02 (80,5)	0,23 ± 0,01 (69,2)*	0,23 ± 0,01 (69,2)*	0,26 ± 0,01 (78,8)* [#]	0,29 ± 0,02 (87,9)	0,29 ± 0,03 (87,9)
ЧСК, кол./с (%)	281 ± 5 (104,9)	288 ± 6 (102,5)	279 ± 6 (99,3)	280 ± 6 (99,6)	319 ± 12 (113,5)* [#]	261 ± 195 (92,9)* [#]
<i>m. rectus femoris</i>						
I						
СА, мВ (%)	0,37 ± 0,02 (92,5)	0,31 ± 0,02 (83,8)*	0,29 ± 0,01 (78,4)*	0,36 ± 0,02 (97,3)	0,36 ± 0,02 (97,3)	0,41 ± 0,05 (110,8)
ЧСК, кол./с (%)	245 ± 5 (102,8)	228 ± 5 (93,1)*	234 ± 5 (95,5)*	249 ± 6 (101,6)	247 ± 7 (100,8)	249 ± 7 (101,6)
II						
СА, мВ (%)	0,41 ± 0,02 (100,0)	0,31 ± 0,02 (75,6)*	0,29 ± 0,03 (70,7)*	0,4 ± 0,02 (97,6)	0,41 ± 0,03 (100,0)	0,37 ± 0,06 (90,2)
ЧСК, кол./с (%)	235 ± 5 (100,0)	238 ± 6 (101,3)	230 ± 6 (97,9)	237 ± 5 (100,9)	246 ± 9 (104,7)	239 ± 14 (101,7)
<i>m. biceps femoris</i>						
I						
СА, мВ (%)	0,45 ± 0,02 (72,6) ^к	0,35 ± 0,02 (77,8)*	0,32 ± 0,01 (71,1)*	0,38 ± 0,02 (84,4)	0,41 ± 0,02 (91,1)	0,45 ± 0,03 (100,0)
ЧСК, кол./с (%)	246 ± 5 (98,4)	243 ± 6 (98,8)	235 ± 6 (95,5)	256 ± 6 (104,1)	267 ± 8 (108,5)*	247 ± 8 (100,4)
II						
СА, мВ (%)	0,5 ± 0,02 (80,7)	0,32 ± 0,01 (64,0)*	0,31 ± 0,02 (62,0)*	0,41 ± 0,02 (82,0)*	0,41 ± 0,03 (82,0)*	0,36 ± 0,06 (72,0)*
ЧСК, кол./с (%)	244 ± 5 (97,6)	244 ± 6 (100,0)	223 ± 7 (91,4)	236 ± 5 (96,7)* [#]	265 ± 8 (108,6)*	234 ± 18 (95,9)

См. примечание к табл. 1.

что подтверждает наличие обратной пропорциональности между интраоперационно замеренным на вершине сколиотической дуги ОКК и соотношением H_{\max}/M_{\max} , используемым в данном случае в качестве количественного критерия спастичности [8].

Определенный интерес, с нашей точки зрения, представляют результаты анализа дооперационных асимметрий H_{\max}/M_{\max} , связанных с направленностью вершины сколиотической дуги. С этой целью выборка больных с С-образной деформацией разделена на две группы: А – левонаправленная деформация ($n = 34$), Б – правонаправленная ($n = 8$). Соотношения H_{\max}/M_{\max} в отведениях от *m.gastrocnemius (c.l.)* и *m.soleus* справа и слева в группах А и Б представлены на рис., где видно, что у больных обеих групп на вогнутой стороне сколиотической дуги H_{\max}/M_{\max} несколько выше, чем на выпуклой. Установленный тип билатеральных различий средних величин H_{\max}/M_{\max} , по данным расчета t-критерия Стьюдента, оказался статистически не значим ($P < 0,05$), но оценка совпадения направленности сколиотической дуги с характером асимметрии H_{\max}/M_{\max} , по результатам использования Z-критерия знаков, свидетельствует о статистически достоверном ($P < 0,05$) соответствии признаков «вогнутая сторона» и «большее значение ипсилатерального значения H_{\max}/M_{\max} по сравнению с контралатеральным», что может рассматриваться в качестве косвенного подтверждения феномена латерализации функциональной недостаточности в проводниковых структурах СМ на уровне вершины сколиотической дуги.

Из данных, приведенных в табл. 2, следует, что до операции амплитуда ТВП у больных I и II групп существенно не отличалась от контроля, тогда как латентность ТВП была несколько снижена (соответственно на 12,4 и 13,5 %; $P < 0,05$), что связывается с возрастными различиями продольных размеров тела.

Средняя амплитуда М-ответов у больных обеих групп в отведениях от *m.tibialis anterior*, *m.rectus femoris*, *m.gastrocnemius (c.l.)* и *m.soleus* соответствовала контрольным величинам (табл. 3). В то же время приведенные средние величины М-ответов мышц тыльной и подошвенной поверхностей стопы у больных со сколиозом III и IV степени отражают выраженную диспропорцию в их развитии: в отведении от *m.extensor digitorum brevis* у пациентов I и II групп М-ответы оказались ниже контрольных величин на 22,4 ($P < 0,05$) и 26,5 % ($P < 0,05$), а в отведении от *m.flexor digitorum brevis*, наоборот, выше на 8,1 ($P > 0,05$) и 18,6 % ($P < 0,05$) соответственно. Наличие диспропорции пассивных тяг мышц тыльной и подошвенной поверхностей стопы, с нашей точки зрения, является причиной формирования в онтогенезе у пациентов указанных групп довольно специфической формы стопы, несколько напоминающей Фридрейхову, что более отчетливо выражено во II группе.

Данные MVA-теста – программно рассчитываемая средняя амплитуда (СА) и частота следования колебаний (ЧСК) суммарной ЭМГ, зарегистрированной при максимальном произвольном напряжении (табл. 4), – свидетельствуют об исходной (дооперационной) недостаточности в системе регуляции произвольного напряжения мышц, проявляющейся в основном в отведениях от мышц бедра и голени, иннервируемых ветвями n.ischiadicus. В частности, статистически значимое ($P < 0,05$) снижение СА относительно контрольного уровня отмечено в отведениях от *m.tibialis anterior* (I и II группы), *m.gastrocnemius (c.l.)* (I группа) и *m.biceps femoris* (I группа), при этом существенных межгрупповых различий показателей СА и ЧСК не выявлено.

Данные послеоперационного ЭМГ-мониторинга проводниково-интегративной функции СМ, отраженные в динамике усредненных показателей (табл. 1–4), свидетельствуют о том, что оперативное вмешательство и последующая дистракция позво-

ночника приводят к относительно устойчивому увеличению абсолютных и относительных (H_{\max}/M_{\max}) значений амплитуд Н-рефлексов, снижению амплитуды ТВП, увеличению их латентности, а также снижению характеристик суммарной ЭМГ (СА и ЧСК), зарегистрированной в условиях максимального произвольного напряжения тестируемых мышц.

Послеоперационная динамика средних значений амплитуды М-ответов в отведениях от различных мышц характеризуется некоторыми особенностями. В частности, в отведении от *m.rectus femoris* отмечается снижение показателя у пациентов I группы до 93,3 % ($P < 0,05$), II группы – до 90,8 % ($P < 0,05$) от дооперационных величин, причем пик этого снижения в I и II группах приходится на пятый-седьмой день после снятия аппарата наружной транспедикулярной фиксации. Сходная картина наблюдается и в отведениях от *m.gastrocnemius (c.l.)* и *m.soleus*, причем у больных I группы пик этого снижения (соответственно до 89,4 и 89,0 %; $P < 0,05$) достигается через шесть месяцев после снятия аппарата наружной транспедикулярной фиксации, II группы (до 87,4 и 81,3 %; $P < 0,05$) – через один год после снятия аппарата. Статистически значимое снижение амплитуды М-ответа по сравнению с дооперационными величинами (до 88,9 %) отмечено у пациентов II группы в отведении от *extensor digitorum brevis* через один год после снятия аппарата наружной транспедикулярной фиксации. Что касается послеоперационного изменения амплитуды М-ответов *m.tibialis anterior*, то в указанном отведении у пациентов I и II групп изменение данного показателя носило отчетливый двухфазный характер: через один месяц после операции наблюдался феномен его парадоксального увеличения (соответственно до 108,6 и 112,1 %; $P < 0,05$), а через шесть месяцев после снятия аппарата – снижение соответственно до 93,3 ($P > 0,05$) и 90,6 % ($P < 0,05$) с последующим выходом

усредненных значений на дооперационный уровень. Близкая по своему характеру динамика амплитуды М-ответа наблюдалась также в отведении от *m.flexor digitorum brevis*, причем пик увеличения анализируемого показателя в обеих группах пришелся на пятый-седьмой день после снятия аппарата наружной транспедикулярной фиксации, а через два года после лечения у пациентов II группы в указанном отведении отмечен спад показателя до 70,8 % ($P < 0,05$), коррелирующий с некоторым снижением амплитуды М-ответов в отведениях от *m.extensor digitorum brevis* и *m.rectus femoris* (соответственно до 77,4 и 94,7 %; $P > 0,05$).

По совокупности признаков и степени их отклонения от дооперационных величин перечисленные изменения анализируемых нейрофизиологических показателей, связанные с альтерирующими факторами оперативного вмешательства и пролонгированной коррекцией оси позвоночника, можно интерпретировать как нарушение проводниково-интегративных функций СМ легкой степени, причем выраженность и устойчивость развившихся в процессе лечения субклинических форм сенсомоторной недостаточности в системе нижних конечностей в большей степени проявляется у пациентов II группы. Этот факт, возможно, связан не только с относительно большим объемом тракционных нагрузок на спинно-мозговые структуры у больных со сколиозом IV степени, но и с особенностями реактивности участка сосудистой сети, обеспечивающей кровоснабжение СМ на уровне вершины сколиотической дуги. Оперативное вмешательство, присутствие на позвоночнике аппарата наружной транспедикулярной фиксации, а также рекомендованные пациентам щадящие нагрузки на позвоночник в постфиксационном периоде существенно изменяют двигательный режим в направлении снижения общей функциональной нагрузки на нижние конечности. Это проявляется, прежде всего, в отсроченном (включая пост-

фиксационный период) снижении амплитуд М-ответов мышц, относящихся к группе антигравитационных (передней бедра и задней голени). Одновременно с этим целесообразно подчеркнуть, что в процессе пролонгированной коррекции оси позвоночника, то есть в условиях его фиксации аппаратом наружной транспедикулярной фиксации у больных формируется достаточно специфический (анталгический) локомоторный стереотип, характеризуемый увеличением удельной нагрузки на мышцы подошвенной поверхности стопы (повышенные требования к ее рессорной функции с целью демпфирования ударных нагрузок на позвоночник) и переднюю группу мышц голени (повышенные требования к фиксации голеностопного сустава в фазе одноопорного периода). Возможным следствием избыточной удельной нагрузки на указанные группы мышц является наблюдаемое нами увеличение М-ответов в соответствующих отведениях. Не исключено, что зарегистрированный феномен парадоксального увеличения амплитуд М-ответов в определенных отведениях связан с эффектом декомпрессии спинномозговых корешков пояснично-крестцового отдела позвоночника, проявляющимся на фоне дозированной тракции позвоночного столба. Следует полагать, что преобладание того или иного из перечисленных альтерирующих факторов на различных этапах лечебно-реабилитационного процесса проявляется в соответствующей динамике используемых нейрофизиологических показателей.

Результаты проведенного исследования позволяют заключить, что дооперационный неврологический статус пациентов со сколиозом III–IV степени может быть существенно уточнен на основе предложенной нами версии комплексного нейрофизиологического тестирования сенсомоторного аппарата нижних конечностей. Кроме того, данные послеоперационного электронейромиографического анализа проводниково-интегративных функций СМ свидетель-

ствуют о том, что технология коррекции деформации позвоночника у больных со сколиозом III–IV степени, основанная на применении аппарата наружной транспедикулярной фиксации [5], характеризуется низкой травматичностью, что не исключает необходимости организации интра- и послеоперационного нейрофизиологического мониторинга.

Выводы

1. У больных с диспластическим сколиозом имеются слабо выраженные электромиографические признаки неврологического дефицита, проявляющиеся преимущественно на вогнутой стороне деформации, коррелирующие с ее степенью, а также с интраоперационно замеренными на вершине сколиотической дуги абсолютными величинами перимедулярного объемного капиллярного кровотока.
2. Оперативное вмешательство и пролонгированная коррекция оси позвоночника приводят к развитию и последующей инволюции субклинических форм сенсомоторной недостаточности в системе нижних конечностей, более выраженных у пациентов со сколиозом IV степени.

Литература

1. Голованов В.Д., Казмин А.И., Павлова Т.А. и др. Синдром сдавления мозга при сколиозе // Ортопед, травматол. 1967. № 5. С. 19–22.
2. Лазорт Г., Гуазе А., Джинджян Р. Васкуляризация и гемодинамика спинного мозга. М., 1977.
3. Цивьян Я.Л. Транспозиция спинного мозга при деформации позвоночника: Метод, рекоменд. Новосибирск, 1982.
4. Цивьян Я.Л. Хирургия позвоночника. Новосибирск, 1993.
5. Шевцов В.И., Худяев А.Т., Коваленко П.И. и др. Чрескостный остеосинтез в хирургии сколиоза // Хирургия позвоночника. 2004. № 2. С. 8–11.
6. Шеин А.П., Криворучко Г.А., Чухарева Н.А. Методы диагностики и электростимуляционной терапии в комплексной реабилитации больных со свежей и застарелой травмой позвоночника и спинного мозга: Пособие для врачей. Курган, 2002.
7. Щурова Е.Н., Коваленко П.И. Оценка состояния оболочек спинного мозга у детей с диспластическим сколиозом III–IV степени // Методология флюометрии. Москва, 2002. С. 99–104.
8. Voerman G.E., Gregoric M., Hermens H.J. Neurophysiological methods for the assessment of spasticity: the Hoffmann reflex, the tendon reflex, and the stretch reflex // Disabil. Rehabil. 2005. Vol. 27. P. 33–68.

Адрес для переписки:

Шеин Александр Порфирьевич
640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6,
ФГУН РНЦ «ВТО»,
sheinap@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.10.2005



Лауреат
Международной
премии
«ПРОФЕССИЯ –
ЖИЗНЬ»
в номинации
«За достижения
в области
науки и технологии
медицины»

Принцип действия

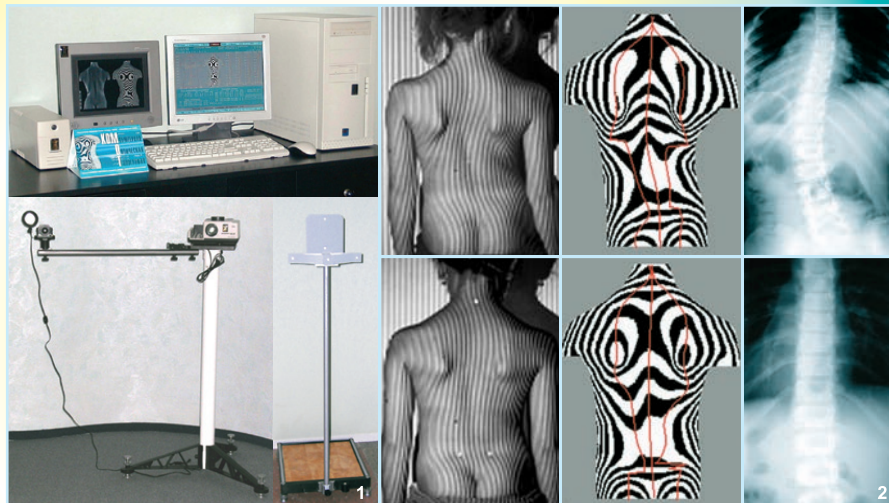
Бесконтактное восстановление трехмерной модели туловища пациентов с получением количественных оценок состояния осанки и формы позвоночника в трех плоскостях, включая топографический аналог угла по Cobb.

Область применения

- скрининг-диагностика детей и подростков;
- мониторинг состояния, оценка эффективности лечения больных с патологией позвоночника.

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ТОПОГРАФ ТОДП

Диагностика деформации позвоночника без рентгена
АБСОЛЮТНО БЕЗВРЕДНО, БЫСТРО, ТОЧНО, ОБЪЕКТИВНО И НАГЛЯДНО



Внешний вид составных частей ТОДП (1). Топографические и рентгенологические результаты обследования больной идиопатическим сколиозом до и после лечения (2).

13 ЛЕТ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ – 117 УСТАНОВОК ТОДП ПО РОССИИ

Медицинское изделие ТОДП (сертификат № РОСС RU.АЯ79.В54560) выпускается по лицензии Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения и социального развития № 99-03-000002. Сертификат соответствия № РОСС RU.АЯ79.В54560.
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ООО «МЕТОС», тел./факс: (383) 211-15-52,
<http://www.metos.org>, e-mail: metos@online.nsk.su