

УДК 616.71-007.55-053.7615.847.8

## СОСТОЯНИЕ КОРТИКОСПИНАЛЬНЫХ ТРАКТОВ ПРИ ЮНОШЕСКОМ ИДИОПАТИЧЕСКОМ СКОЛИОЗЕ (РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ)

Е.Ю. Кравцова<sup>1</sup>, С.В. Муравьев<sup>2</sup>, М.Б. Фирсова<sup>3</sup>,<sup>1</sup>ГБОУ ВПО «Пермская государственная медицинская академия им. акад. Е.А. Вагнера»,<sup>2</sup>ООО «Клинический санаторий-профилакторий "Родник"»,<sup>3</sup>Поликлиника ГБУЗ ПК «Детская краевая клиническая больница», г. Пермь*Кравцова Елена Юрьевна – e-mail: kravtsovaeu@mail.ru*

У 98 пациентов с юношеским идиопатическим сколиозом установлена асимметрия функциональной активности перекрещенных кортикоспинальных трактов до уровня передних рогов сегментов спинного мозга CVIII-Th1 и LIV-S1. Максимальная асимметрия времени центрального моторного проведения, рассчитанная по минимальной латентности F-волны, обнаружена у пациентов с двухплоскостными деформациями позвоночника до уровня передних рогов сегментов спинного мозга LIV-S1 при помощи метода диагностической транскраниальной магнитной стимуляции.

**Ключевые слова:** сколиоз, транскраниальная магнитная стимуляция, время центрального моторного проведения.

In 98 patients with juvenile idiopathic scoliosis installed asymmetry of functional activity of crossed cortico-spinal tracts to the level of the front horns of spinal-cord segments CVIII-Th1 and LIV-S1. Maximum asymmetry time of central motor conduction, calculated on the minimum latency F-wave, detected in patients with two-plane deformation of the spine to the level of the front horns of spinal-cord segments LIV-S1 using the method of diagnostic transcranial magnetic stimulation.

**Key words:** scoliosis, transcranial magnetic stimulation, the times of central motor conduction.

### Введение

Сколиоз относится к самым частым заболеваниям опорно-двигательного аппарата [1, 2], развиваясь почти у 10% детей и подростков, преимущественно женского пола [3]. Сколиоз – это трехплоскостная деформация позвоночника в сагиттальной, фронтальной и горизонтальной осях. Согласно МКБ-Х выделяется идиопатический и нервно-мышечный сколиоз, возникший вследствие церебрального паралича, атаксии Фридрейха, полиомиелита и других нервно-мышечных нарушений. Этиология идиопатического сколиоза остается неизвестной [4].

При нервно-мышечном сколиозе описаны симптомы поражения спинного мозга у пациентов с хроническим нарушением спинального кровообращения [5], аномалией Киари и синингомиелией, новообразованиями спинного мозга [6], при миелодиспластических процессах [7], при грубых поражениях центрального мотонейрона при гемипаретических формах детского церебрального паралича [8], наследственных заболеваниях центральной нервной системы [9]. При юношеском идиопатическом сколиозе признаков поражения спинного мозга, как правило, при клиническом обследовании не выявляется [10]. В единичных работах описаны лишь асимметрия сухожильных рефлексов и легкие нарушения в постуральной системе при сколиозе у подростков [8]. Особое место среди клинических проявлений юношеского идиопатического сколиоза занимают боль в спине и тревожно-депрессивные расстройства [11, 12], которые встречаются и в рамках других заболеваний нервной системы [13].

В последние годы в диагностике различных неврологических расстройств все чаще используется транскраниаль-

ная магнитная стимуляция. Этот метод позволяет оценить функциональное состояние кортикоспинального тракта. Определение латентности, амплитуды и фазности вызванного моторного ответа (ВМО) для выбранной мышцы-мишени на корковую магнитную стимуляцию дает информацию о состоянии пирамидного тракта и в первую очередь его проводящей способности по времени центрального моторного проведения (ВЦМП). В процессе исследования можно получить информацию о возбудимости моторной коры головного мозга (по порогам появления ВМО, внутрикорового облегчения), тормозных механизмах в центральной нервной системе [14].

**Цель исследования:** изучить функциональную активность кортикоспинальных трактов при юношеском идиопатическом сколиозе.

### Материал и методы

Под наблюдением находились 98 пациентов с нарушением осанки и грудным сколиозом в возрасте 12–16 лет, составивших 4 группы сравнения. В первую группу вошли 16 пациентов (7 девочек и 9 мальчиков) с нарушением осанки в виде только двухплоскостной деформации позвоночника. Вторая группа представлена 33 больными (25 девочек, 8 мальчиков) со сколиозом I степени (угол латеральной асимметрии (ЛА) по данным КомОТ – от 1 до 10 градусов). Третья группа состояла из 30 человек (20 девочек и 10 мальчиков) со сколиозом II степени (ЛА – 11–25 градусов). Четвертая группа – 19 подростков (17 девочек и 2 мальчика) со сколиозом III степени (ЛА более 25 градусов). В группе контроля было 12 практически здоровых подростков (6 лиц мужского пола и 6 – женского).

Помимо клинического, комплексное обследование включало следующие методы:

1. Компьютерная оптическая топография (КомОТ; ООО «МЕТОС», г. Новосибирск) использовалась для определения степени деформации позвоночника и выявления ротации позвонков. Основным показателем являлся угол латеральной асимметрии (ЛА).

2. Электронейромиография (ЭНМГ) применялась для исключения патологии периферической нервной системы и оценки минимальной латентности моторного ответа срединного и большеберцового нервов (лат-М), минимальной латентности F-волны (лат-Фмин), которые используются для расчета времени центрального моторного проведения по минимальной латентности F-волн, оценки параметров Н-рефлекса. Изучалась разница между большим и меньшим отношением максимальных амплитуд Н-рефлекса и М-ответа ( $\max \text{H/M}$ , %) [15] с обеих сторон ( $\Delta \max \text{H/M}$ , %).

3. Транскраниальная магнитная стимуляция (ТКМС) проводилась для оценки корковой латентности вызванных моторных ответов (лат-КВМО) и амплитуды корковых вызванных моторных ответов. Осуществлялась одиночными стимулами (частотой менее 1 Гц) в отведении корковых моторных ответов от короткой мышцы, отводящей первый палец кисти, и мышцы, отводящей первый палец стопы с обеих сторон. Описанные отведения использовались для исключения более чем одной синаптической задержки по ходу перекрещенных кортикоспинальных трактов. Стимуляция проводилась пятикратно поочередно неохлаждаемым кольцевым койлом, индуктивность магнитного поля составляла 2 Тл. В отведении от короткой мышцы, отводящей первый палец кисти, койл устанавливался над «vertex» (C0 международной системы «10-20»). В отведении от мышцы, отводящей первый палец стопы, койл устанавливался над точкой на скальпе, локализованной на 2 см кпереди и на 4 см латеральнее «vertex». Из полученных пяти корковых ответов в каждом отведении для анализа использовался моторный ответ, минимальный по латентности и максимальный по амплитуде.

Время центрального моторного проведения до контрлатерального переднего рога соответствующих сегментов спинного мозга по минимальной латентности F-волны (F-ВЦМП) рассчитывалось по формуле:

**ВЦМП-F = латКВМО – [0,5(лат-Фмин – латМ – 1 мс) + латМ]**

с учетом, что 1 мс – время, необходимое для деполяризации мотонейронов переднего рога.

Для сегментов CVIII-ThI и LIV-SI спинного мозга определялся модуль ( $\Delta \text{ВЦМП-F}$ ) асимметрии времени центрального моторного проведения, рассчитанный по минимальной латентности F-волны по формуле:

**$\Delta \text{ВЦМП-F} = \text{ВЦМП-F1} - \text{ВЦМП-F2}$** , где:

ВЦМП-F1 – большее, чем с контрлатеральной стороны, время центрального моторного проведения до передних рогов спинного мозга сегментов CVIII-ThI и LIV-SI;

ВЦМП-F2 – меньшее, чем с контрлатеральной стороны, время центрального моторного проведения до передних рогов спинного мозга сегментов CVIII-ThI и LIV-SI [14].

Критериями включения в исследование были: возраст от 12 до 16 лет, идиопатический характер сколиоза грудного отдела позвоночника, наличие информированного согласия пациентов и их родителей. Критериями исключения

стали: иной характер сколиоза, наличие противопоказаний для обследования.

Статистическую обработку проводили непараметрическим методом Манн-Уитни с использованием программного пакета Statistica 8.0 для Windows. Полученные данные представлены в виде медианы Me, первого Q1 и третьего Q3 квартилей. За достоверный принимали уровень значимости  $p < 0,05$ .

### Результаты и их обсуждение

При проведении ЭНМГ не было выявлено признаков поражения периферической нервной системы, в том числе нарушения проводимости по спинномозговым корешкам CVIII-ThI и LIV-SI (F-волны при стимуляции срединного и большеберцового нервов реализованы более чем в 50% стимуляций, лат-Фмин в пределах нормы:  $25,60 \pm 2,19$  мс (срединный нерв),  $48,60 \pm 4,14$  и  $43,80 \pm 3,55$  (большеберцовый нерв; мальчики и девочки соответственно). Параметры Н-рефлекса также укладывались в рамки возрастной нормы: латентность составляла 25,0–35,0 мс, отношение максимальных амплитуд Н-рефлекса и М-ответа 35,0–75,0% [15].

Результаты исследования  $\Delta \text{ВЦМП-F}$  и  $\Delta \max \text{H/M}$  представлены в таблицах 1, 2.

Показатели К-ВМО, ВЦМП-F и амплитуды коркового моторного ответа во всех наблюдениях соответствовали возрастной норме [14] в 100% наблюдений.

Очевидным представляется наличие достоверных ( $p = 0,0005$ ;  $0,0022$ ;  $0,0154$ ;  $0,0085$ ) различий модуля ВЦМП-F до уровня передних рогов LIV-SI у пациентов с многоплоскостными деформациями позвоночника (I, II, III степени сколиоза соответственно) по сравнению с контрольной группой, при этом максимальное значение медианы модуля ВЦМП-F до указанного выше сегмента наблюдается в группе пациентов с двухплоскостными деформациями позвоночника ( $\text{Me} = 3,45$ ;  $\text{Q1} = 1,30$ ;  $\text{Q3} = 6,08$  мс,  $p = 0,0005$  в сравнении с пациентами контрольной группы), в то же время медиана модуля ВЦМП-F становится достоверно меньше ( $p = 0,0146$ ) при возникновении третьей оси деформации позвоночника (сколиоз I степени) ( $\text{Me} = 1,30$ ;  $\text{Q1} = 0,90$ ;  $\text{Q3} = 2,30$  мс,  $p = 0,0022$  при сравнении с пациентами контрольной группы). Отмечена тенденция к увеличению медианы модуля ВЦМП-F до уровня передних рогов LIV-SI при дальнейшем прогрессировании трехплоскостных деформаций (сколиоз II степени:  $\text{Me} = 2,05$ ;  $\text{Q1} = 0,80$ ;  $\text{Q3} = 3,30$ ,  $p = 0,0154$ ; сколиоз III степени:  $\text{Me} = 2,70$ ;  $\text{Q1} = 0,90$ ;  $\text{Q3} = 4,00$ ,  $p = 0,0085$  в сравнении с пациентами контрольной группы). Однако при сравнении модуля ВЦМП-F между группами пациентов со сколиотической осанкой и сколиозом III степени ( $p = 0,1545$ ), сколиозом I и II степени ( $p = 0,4914$ ), сколиозом I и III степени ( $p = 0,1358$ ), сколиозом II и III степени ( $p = 0,3098$ ) статистически достоверных различий не выявлено.

Выявлено различие модуля ВЦМП-F до передних рогов сегментов CVII-ThI при сравнении контрольной группы ( $\text{Me} = 0,47$ ;  $\text{Q1} = 0,15$ ;  $\text{Q3} = 0,97$ ) с группой пациентов со сколиотической осанкой ( $\text{Me} = 1,05$ ;  $\text{Q1} = 0,69$ ;  $\text{Q3} = 2,11$ ) и сколиозом II степени ( $\text{Me} = 0,92$ ;  $\text{Q1} = 0,58$ ;  $\text{Q3} = 1,83$ ), в которых этот показатель достоверно ( $p = 0,0450$  и  $p = 0,0458$  соответственно) превышает показатель практически здоровых детей.

**ТАБЛИЦА 1.**

**Модуль ВЦМП-F (мс) и разница тахН/М (%) у подростков с юношеским идиопатическим сколиозом грудного отдела позвоночника**

	ΔВЦМП-F CVIII-Th1			ΔВЦМП-F LIV-SI			ΔтахН/М		
	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3
1-я группа (n=12)	0,47	0,15	0,97	0,7	0,5	0,8	7,8	3,6	19
2-я группа (n=16)	1,05	0,69	2,11	3,45	1,3	6,08	5,85	2,2	19,15
3-я группа (n=33)	0,88	0,3	1,7	1,3	0,9	2,3	7,7	2,3	23
4-я группа (n=30)	0,92	0,58	1,83	2,05	0,8	3,3	6	3,5	13,1
5-я группа (n=19)	1,11	0,64	1,59	2,7	0,9	4	7,5	2,6	24,4
p1-2	0,045	-	-	0,001	-	-	0,841	-	-
p1-3	0,188	-	-	0,002	-	-	0,803	-	-
p1-4	0,046	-	-	0,015	-	-	0,877	-	-
p1-5	0,088	-	-	0,009	-	-	0,795	-	-
p2-3	0,316	-	-	0,015	-	-	0,587	-	-
p2-4	0,612	-	-	0,024	-	-	0,917	-	-
p2-5	0,487	-	-	0,155	-	-	0,608	-	-
p3-4	0,277	-	-	0,491	-	-	0,63	-	-
p3-5	0,642	-	-	0,136	-	-	0,924	-	-
p4-5	0,935	-	-	0,310	-	-	0,644	-	-

**Обозначения:** p 1-2 – достоверность различий 1-ой и 2-ой групп; p 1-3 – достоверность различий 1-ой и 3-ей групп; p 1-4 – достоверность различий 1-ой и 4-ой групп; p 1-5 – достоверность различий 1-ой и 5-ой групп; p 2-3 – достоверность различий 2-ой и 3-ей групп; p 2-4 – достоверность различий 2-ой и 4-ой групп; p 2-5 – достоверность различий 2-ой и 5-ой групп; p 3-4 – достоверность различий 3-ей и 4-ой групп; p 3-5 – достоверность различий 3-ей и 5-ой групп; p 4-5 – достоверность различий 4-ой и 5-ой групп.

**ТАБЛИЦА 2.**

**Модуль асимметрии ВЦМП-F у пациентов с юношеским идиопатическим сколиозом грудного отдела позвоночника в зависимости от пола**

	ΔВЦМП-F CVIII-Th1			ΔВЦМП-F LIV-SI			ΔтахН/М		
	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3
Девочки (n=69)	0,93	0,50	1,69	1,70	0,90	3,80	6,40	2,60	18,10
Мальчики (n=29)	1,06	0,55	2,47	2,40	0,90	4,90	7,70	4,90	24,90
p	0,3024	-	-	0,9597	-	-	0,3384	-	-

**Примечание:** p – достоверность различий по половому признаку.

В таблице 2 представлены показатели модуля ВЦМП-F в зависимости от пола пациентов. При этом достоверных различий между группами девочек и мальчиком не выявлено. Однако у мальчиков модуль ВЦМП-F превышает показатель у девочек, что может свидетельствовать о том, что кортикоспинальные тракты у мальчиков в подростковом возрасте претерпевают более выраженные макроструктурные изменения, чем у девочек [16].

Таким образом, при юношеском идиопатическом сколиозе у подростков обнаружена достоверная разница модуля ВЦМП-F до уровня сегментов LIV-SI по сравнению с контрольной группой. Максимальное значение показателя отмечено у пациентов с двухплоскостными деформациями позвоночника. Модуль ВЦМП-F до уровня сегментов LIV-SI составил 3,45 мс, что превышает принятую норму (1,5–2,0 мс) [14]. Уменьшение медианы этого показателя у пациентов с трехплоскостными деформациями позвоночника, вероятно, является следствием возникновения третьей оси деформации в качестве адаптационного механизма на существующую функциональную асимметрию кортикоспинальных трактов у пациентов с двухплоскостными деформациями. Кроме того, асимметрия пирамидных влияний на уровне передних рогов сегментов спинного

мозга CVIII-Th1 зарегистрирована у пациентов с двухплоскостными деформациями и сколиозом II степени.

Интересным представляется факт отсутствия достоверных различий разницы отношений максимальных амплитуд Н-рефлекса и М-ответа в контрлатеральных отведениях при сравнении групп наблюдений. Это может быть обусловлено особенностями природы Н-рефлекса [15, 17] как аналога сухожильного рефлекса, который помимо нисходящих пирамидных влияний испытывает влияние других нисходящих проводниковых систем (вестибуло-спинальной, церебеллоспинальной и руброспинальной), которые, возможно, компенсируют асимметрию функциональной активности кортикоспинальных трактов.

### Заключение

Таким образом, использование транскраниальной магнитной стимуляции у пациентов с юношеским идиопатическим грудным сколиозом позволяет выявить нейрофизиологические признаки поражения спинного мозга уже на стадии двухплоскостной деформации позвоночника. Это обуславливает целесообразность назначения изучаемого нами метода для своевременной диагностики несостоятельности кортикоспинальных трактов и назначения комплексного консервативного лечения не только сколиоза, но и вертеброгенной миелопатии.



### ЛИТЕРАТУРА

1. Панкратова Г.С., Фомина Н.А., Дудин М.Г. Медико-социальные аспекты заболеваемости сколиозом в Рязанской области. Гений ортопедии. 2007. № 4 (46). С. 50–53.
2. Pankratova G.S., Fomina N.A., Dudin M.G. Mediko-sotsial'nye aspekty zabolevaemosti skoliozom v Ryazanskoj oblasti. Genij ortopedii. 2007. № 4 (46). С. 50–53.
3. Sobolev A.V., Efremov A.M., Vissarionov S.V. Хирургическая коррекция деформаций позвоночника при идиопатическом сколиозе. История и современное состояние (обзор литературы). Травматология и ортопедия России. 2013. № 1 (67). С. 138–145.
4. Sobolev A.V., Efremov A.M., Vissarionov S.V. Khirurgicheskaya korrektsiya deformatsij pozvonochnika pri idiopatsicheskome skolioze. Istoriya i sovremennoe sostoyanie (obzor literatury). Travmatologiya i ortopediya Rossii. 2013. № 1 (67). С. 138–145.
5. Батршин И.Т. Вертебральная деформация у детей и организация диспансерной помощи. Травматология и ортопедия России. 2011. № 4 (62). С. 118–122.
6. Batrshin I.T. Vertebral'naya deformatsiya u detej i organizatsiya dispansernoj pomoshhi. Travmatologiya i ortopediya Rossii. 2011. № 4 (62). С. 118–122.
7. Domenech J., Tormos J. M., Barrios C., Pascual A. Motor cortical hyperexcitability in idiopathic scoliosis: could focal dystonia be a subclinical etiological factor? European Spine Journal. 2010. № 19. P. 223–230.
8. Мишкин В.В., Ларькин В.И. О патогенезе нарушений спинномозгового кровообращения при сколиотической болезни // <http://www.rusmedserv.com/misc/sbom/17htm>.
9. Mishkin V.V., Lar'kin V.I. O patogeneze narushenij spinnomozgovogo krovoobrashheniya pri skoliocheskoj bolezni // <http://www.rusmedserv.com/misc/sbom/17htm>.
10. Singhal R., Perry D.C., Prasad S., Davidson N.T., Bruce C.E. The use of routine preoperative magnetic resonance imaging in identifying intraspinal anomalies in patients with idiopathic scoliosis: a 10-year review. European Spine Journal. 2013. № 22. P. 355–359.
11. Хачатрян В.А., Еликбаев Г.М. Оптимизация лечебных и диагностических мероприятий у детей с миелодисплазией. Неврологический вестник. 2008. № 1. С. 93–94.
12. Khachatryan V.A., Elikbaev G.M. Optimizatsiya lechebnykh i diagnosticheskikh meropriyatij u detej s mielodisplaziej. Nevrologicheskij vestnik. 2008. № 1. С. 93–94.

- 8.** Domagalska-Szopa M., Szopa A. Body Posture Asymmetry Differences between Children with Mild Scoliosis and Children with Unilateral Cerebral Palsy. Hindawi Publishing Corporation. BioMed Research International. 2013. Volume 2013, Article ID 462094, 7 p.
- 9.** Amoiridis G., Tzagournissakis M., Christodoulou P., Karampekios S., Latsoudis H., Panou T., Simos P., Plaitakis A. Patients with horizontal gaze palsy and progressive scoliosis due to ROBO3 E319K mutation have both uncrossed and crossed central nervous system pathways and perform normally on neuropsychological testing. Journal Neurology Neurosurgery Psychiatry. 2006. № 77. P. 1047–1053.
- 10.** Абальмасова Е.А., Коган А.В., Ортопедия, травматология и протезирование. 1965. № 7. С. 3-5.  
*Abal'masova E.A., Kogan A.V., Ortopediya, travmatologiya i protezirovanie. 1965. № 7. S. 3-5.*
- 11.** Муравьев С.В. Боли в спине и эмоциональные расстройства у подростков с идиопатическим сколиозом. Пермский медицинский журнал. 2014. № 2. С. 34-38.  
*Muraviev S.V. Boli v spine i ehmoatsional'nye rasstrojstva u podrostkov s idiopaticheskim skoliozom. Permskij meditsinskij zhurnal. 2014. № 2. S. 34-38.*
- 12.** Муравьев С.В., Кравцова Е.Ю. Трансвертебральная микрополяризация при дорсопатиях на фоне юношеского идиопатического сколиоза. Врач-аспирант. 2014. № 3. С. 35-41.  
*Muraviev S.V., Kravtsova E.Yu. Transvertebral'naya mikropolyarizatsiya pri dorsopatiyakh na fone yunosheskogo idiopaticheskogo skolioza. Vrach-aspirant. 2014. № 3. S. 35-41.*
- 13.** Кравцова Е.Ю., Белоногова И.Л., Кравцов Ю.И., Шевченко К.В. Вегетативные, тревожно-депрессивные расстройства и качество жизни женщин, находившихся в пенитенциарном учреждении. Журнал неврологии и психиатрии. 2012. № 6. С. 60-63.  
*Kravtsova E.Yu., Belonogova I.L., Kravtsov Yu.I., Shevchenko K.V. Vegetativnye, trevozhno-depressivnye rasstrojstva i kachestvo zhizni zhenshhin, nakhodivshixsya v penitentsiarnom uchrezhdenii. Zhurnal nevrologii i psixiatrii. 2012. № 6. S. 60-63.*
- 14.** Никитин С.С., Куренков А.Л. Магнитная стимуляция в диагностике и лечении болезней нервной системы. Руководство для врачей. М.: ООО «САШКО», 2003. 374 с.  
*Nikitin S.S., Kurenkov A.L. Magnitnaya stimulyatsiya v diagnostike i lechenii boleznej nervnoj sistemy. Rukovodstvo dlya vrachej. M.: OOO «SASHKO», 2003. 374 s.*
- 15.** Николаев С.Г. Атлас по электромиографии. Иваново: ПресСто, 2010. 468 с.  
*Nikolaev S.G. Atlas po elektromiografii. Ivanovo: PresSto, 2010. 468 s.*
- 16.** Bava S., Boucquey V, Goldenberg D., Thayer R.E., Ward M., Jacobus J., Tapert S. F. Sex Differences in Adolescent White Matter Architecture. Brain Res. 2011. № 1375. P. 41–48.
- 17.** Сынгаевская И.Н., Бумакова С.А., Пинчук Д.Ю., Дудин М.Г. Параметры Н-рефлекса и М-ответа в прогнозировании прогрессирования идиопатического сколиоза / Материалы международной конференции «Физиология развития человека». Москва, 22-24 июня, 2009. С. 87-88.  
*Syngaevskaya I.N., Bumakova S.A., Pinchuk D.YU., Dudin M.G. Parametry H-refleksa i M-otveta v prognozirovanii progressirovaniya idiopaticheskogo skolioza / Materily mezhdunarodnoj konferentsii «Fiziologiya razvitiya cheloveka». Moskva, 22-24 iyunya, 2009. S. 87-88.*