

[Введите название записи]

Integrated Assessment of Back Muscles Bioelectrical Activity and H-reflex Research in AIS.

Syngaevskaya I., Bumakova S., Pinchuk D., Dudin M.
Child's Orthopedic Center "Ogonek" St.-Petersburg, Russia

Abstract. Исследование биоэлектрической активности мышц спины у 216 детей 10-15 лет показало, что на выпуклой стороне вершины дуги и на вогнутой стороне каудальной её части суммарная биоэлектрическая активность паравертебральных мышц выше по сравнению с таковой на противоположной стороне. Исследование Н- и М-ответов 302 пациентов 10-15 лет позволило создать нормативную базу данных. Сравнение её с совокупностью индивидуальных электрофизиологических показателей конкретного пациента позволяет определить его группу прогрессирования.

Abstract. The study of the back muscles bioelectric activity in 216 children of 10-15 years old showed that the paravertebral muscles total bioelectrical activity on the convex side of the curve top and on the concave side of its caudal part is higher compared with that on the opposite side. Investigation of H-reflex and M-response in 302 patients of 10-15 years old has created a normative database. Its comparison with the totality of the specific patient's individual electrophysiological parameters makes to determine its progression group possible.

Keywords. AIS, ENMG, back muscles bioelectric activity, H-reflex, M-answer.

Introduction

Электронейромиография (ЭНМГ) позволяет оценить функциональное состояние нервно-мышечного аппарата. Однако использование ЭНМГ для оценки клинических особенностей и прогнозирования прогрессирования AIS затруднено. Поэтому основным goals было, во-первых, уточнить методику интегральной оценки биоэлектрической активности (БЭА) мышц спины в зависимости от типа сколиоза, локализации и величины дуги, во-вторых, с использованием методики Н-рефлекса оценить преобладание церебральных или спинальных механизмов в формировании и прогрессировании деформации, в третьих, выявить наличие и характер взаимозависимости

показателей поверхностной и стимуляционной ЭНМГ для оптимизации перечня оцениваемых параметров.

Electroneuromyography (ENMG) gives an opportunity to evaluate the functional state of neuromuscular system. However, application of ENMG for the AIS clinical features and prognosis progression assessment is difficult. Therefore, the main goals of our work were: the first - to clarify the methods of back muscles bioelectric activity (BEA) integral evaluation depending on the type of scoliosis, location and magnitude of the curve; the second - to estimate the prevalence of cerebral or spinal mechanisms in formation and progression of the curve using the H-reflex technique; and the third - to identify the presence and interdependence of the surface and stimulation ENMG parameters data to optimize the list of ENMG parameters.

Material-methods I.

Было обследовано 216 детей: 32 здоровых и 184 ребенка с величиной дуги 5-100° по Cobb с правосторонними (67%) и левосторонними (33%) формами AIS (средний возраст 12,6±1,9 лет; 93% девочек). Вершина дуги на уровне Th_{VII-IX}, Th_{XI-XII}, L_{I-II} была соответственно в 47%, 20% и 33% случаев. БЭА мышц спины регистрировалась с помощью накожных биполярных электродов с межэлектродным расстоянием 3 см справа и слева от остистых отростков (на уровне Th_{VII}, Th_{XII}, L_{II}) параспинально, на 3см и на 6см латеральнее. Электромиограф «Нейромиан» (фирма «МедикомЛТД», Таганрог) использовался. Полоса пропускания сигнала 10Гц-2кГц. Суммарная БЭА (в мкВ*сек) регистрировалась 3 раза в позе лежа при выполнении тестового движения длительностью 5 с, с перерывом 15 с. Данные по каждой точке регистрации усреднялись, рассчитывались коэффициенты асимметрии (АС): отношение средней величины БЭА на выпуклой стороне дуги к средней БЭА на вогнутой стороне в симметричных точках регистрации. Результаты обрабатывались with «Statistica» 6.0 и 6.1.

Were examined 216 children: 32 healthy children and 184 with the curve 5-100° Cobb angle with right (67%) and left-sided (33%) AIS (the average age 12,6±1,9 years, 93% girls). The curve top was evaluated at the Th_{VII-IX}, Th_{XI-XII}, L_{I-II} and was respectively in 47%, 20% and 33% of all cases. The muscles BEA was recorded by bipolar cutaneous electrodes at the electrode distance of 3cm to the right and to the left of the spinous processes (at Th_{VII}, Th_{XII}, L_{II}) paraspinal,

at 3cm and 6cm lateral. Electromyograph "Neyromian" (firm "Medikom LTD", Taganrog) was used. The bandwidth of signal was 10Hz-2kHz. The total BEA (in mV*sec) was recorded three times in a lying posture, duration - 5 seconds, interval - 15 seconds. Data for each point of the recording were averaged, were calculated asymmetry coefficients (AC): the ratio of the BEA average value on the convex curve side to the BEA average on the concave side at symmetric points of registration. Data were processed by «Statistica» 6.0 and 6.1.

Results and Discussion I.

AC рассчитывались по отдельности в группах с правосторонним грудным сколиозом (результаты приведены в таб.1 в качестве примера), правосторонним поясничным, левосторонним грудным и левосторонним поясничным сколиозом.

AC were calculated separately in the right thoracic scoliosis group (Table 1 an example of summarized results), right lumbar group, left-handed or left thoracic lumbar scoliosis group.

Table 1. The asymmetry coefficient (AC) of integral EMG ($M \pm m$) in patients with right-sided scoliosis

Deformation (Cobb angle)	AC $\text{Oh}_{\text{VII-IX}}$			AC $\text{Th}_{\text{XI-XII}}$			AC $\text{L}_{\text{I-II}}$		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Control group. (32 people)	1,09± 0,06	1,06± 0,06	0,98± 0,05	1,01± 0,03	1,03± 0,05	1,08± 0,07	1,01± 0,08	0,99± 0,05	1,02± 0,06
5-10° (6 people)	1,42± 0,16	1,11± 0,11	1,15± 0,12	1,12± 0,06	1,24± 0,11	1,32± 0,13	0,97± 0,04	0,8± 0,07	1,04± 0,06
10-25° (27 people)	1,29± 0,09	1,23± 0,09	1,15± 0,11	1,16± 0,11	1,18± 0,09	1,3± 0,11	0,93± 0,04	0,99± 0,01	1,25± 0,23
25-40° (36 people)	1,48± 0,11	1,52± 0,16	1,31± 0,09	1,21± 0,07	1,52± 0,11	1,92± 0,17	0,91± 0,05	1,17± 0,12	1,27± 0,14
>40° (18 people)	1,78± 0,37	1,86± 0,67	1,67± 0,28	1,32± 0,29	1,67± 0,4	1,97± 0,36	0,81± 0,13	1,11± 0,3	1,31± 0,32

При вычислении непараметрических корреляций по Спирмену ($p < 0,05$) установлено, что по мере утяжеления состояния и характера прогрессирования наблюдается тенденция к увеличению АС, особенно выраженная на вершине дуги в 1-й точке регистрации. In calculations held on Spearman correlation method ($p < 0,05$) was revealed the trend to AC increase as the deterioration of condition and progression process, particularly at the curve top in the 1st point of registration. У пациентов с вершиной дуги на уровне Th_{VII-IX} имеются наиболее высокие коэффициенты корреляции между величиной АС в нижней части дуги и характером прогрессирования, как и в исследованиях [1,4]. При этом АС в нижней части дуги (на уровне L_{II}) имеет отрицательное значение, чего не наблюдается при регистрации ЭМГ на других уровнях. Patients with the top of the arc at Th_{VII-IX} has the highest correlation coefficients between the AC magnitude at the curve bottom and character of progression, as in the studies [1,4]. In this case the AC at the curve bottom (at LII) is negative. It isn't observed in the EMG recording at other levels. Нарастание АС при увеличении степени деформации наблюдается не только в параспинальной области, где оно, в основном, отражает деятельность мышц-ротаторов. Такая же закономерность видна и во 2-й и 3-й точках регистрации. В этих зонах в основном регистрируется активность m.latissimus dorsi, m.trapezius и др., играющих компенсаторную роль деротаторов на выпуклой стороне дуги и ротаторов – на вогнутой. Дискриминантный анализ показал совпадение классификации, проведенной только по параметрам ЭМГ, с клинико-рентгенологическими данными в зависимости от величины дуги и формы AIS в 72-90% случаев. Это свидетельствует о наличии особого специфичного паттерна ЭМГ для каждой из форм сколиоза. An AC under deformation degree increase is observed not only in the paraspinal region, where it reflects mainly the muscle-rotators activity. The same pattern is also in the 2nd and 3rd points of registration. In these areas is basically recorded the activity of m.latissimus dorsi, m.trapezius and others, performing a compensatory role of derotators on the convex side of the curve and rotator's role – on the concave side. Discriminant analysis showed the coincidence of the classification carried out only on the EMG parameters, with clinical and radiological data, depending on the curve size and type of the AIS in 72-90% of cases. It indicates a specific EMG pattern for each of the scoliosis form.

Выявленные асимметричные изменения ЭМГ параспинальных мышц при AIS подразумевают асимметричные изменения активности спинальных мотонейронов, иннервирующих эти мышцы. Поэтому во

второй части работы исследовалась возможность экстерполяции параметров Н-рефлекса и М-ответа с камбаловидной (менее кортикализованной) и икроножной (более кортикализованной) [3] мышц на изменение возбудимости мотонейронов, иннервирующих параспинальные мышцы в зависимости от степени тяжести и характера прогрессирования.

Revealed asymmetric paraspinal muscle EMG changes in the AIS imply asymmetric changes in the activity of spinal motoneurons that innervate these muscles. Therefore, in the second part of the study the possibility of H-reflex and M-response parameters from the soleus (less kortikolise) and gastrocnemius (more kortikolised) [3] muscles to the excitability of motor neurons that innervate the paraspinal muscles change, depending on the severity and nature of progression investigated.

Material-methods II.

Были проанализированы результаты исследования Н- и М-ответов 302 девочек 10-15 лет с вершиной дуги на уровне Th_{VII-IX} (94 ребёнка, 31%), Th_{XI-L_I} (104 ребёнка, 34%), L_{I-II} (105 детей, 35%) и 15 здоровых детей (таб. 4). При этом средняя по группе величина дуги по Коббу составила $26,17 \pm 18,91^\circ$ (5-100^o). В группе с прогрессирующим течением средняя величина дуги $39,1 \pm 16,98^\circ$ (12-100^o), в группе с вялопрогрессирующим течением – $14,24 \pm 7,5^\circ$ (5-45^o), с непрогрессирующим течением – $6,96 \pm 1,83^\circ$ (5-12^o).

Results of the H-and M- responses study for 302 girls of 10-15 years old with the curve top at Th_{VII-IX} (94 children, 31%), Th_{XI-L_I} (104 children, 34%), L_{I-II} (105 children, 35%) and 15 healthy children were analyzed (table 4). The average curve value on Cobb for the group was $26,17 \pm 18,91^\circ$ (5-100^o). In the group with progressive form average curve was of $39,1 \pm 16,98^\circ$ (12-100^o), in a rapidly progressive form group – $14,24 \pm 7,5^\circ$ (5-45^o), in a non-progressive form group – $6,96 \pm 1,83^\circ$ (5-12^o).

Table 4. The distribution of patients with AIS in the treatment groups by the progression character.

Type of scoliotic deformation	Right-side AIS		Left-side AIS
	Curve top	Curve top	Curve top L _{I-II}
	Th _{VII-IX}	Th _{XI-L_I}	

Rapidly progressive forms	75 (80%)	44 (42%)	51 (48%)
Progressive forms	16 (17%)	39 (37%)	36 (34 %)
Non-progressive forms	2 (2%)	21 (20%)	18 (17%)
Total	93	104	105

Электромиограф «Нейро-МВП-04» (фирма «Нейрософт», г. Иваново) использовался. Исследование проводилось в стандартном положении [7]. Использовались биполярные стимулирующие электроды. Проводилась стимуляция нерва в стандартной точке одиночными прямоугольными импульсами длительностью 0,2 мс, частотой 1 стимул в 10 секунд, последовательно нарастающая с подпороговой до супрамаксимальной интенсивности. Полоса пропускания сигнала 20 Гц-10 кГц. Регистрирующий биполярный электрод располагался в двигательных точках МИМ и КМ.

Electromyograph "Neuro-MEP-04" (firm "Neurosoft", Ivanovo) was used. The study was conducted in the standard position [7]. Bipolar stimulating electrodes were used. The stimulation of the nerve in a standard single-point rectangular pulses of 0,2 ms, stimulus frequency of 1 in 10 seconds, with a consistently growing up from sub threshold to supramaximal intensity. Signal bandwidth was of 20Hz-10 kHz. The bipolar registration electrode was located in the motor points of the MIM and the SM.

Results and Discussion II.

В целом Н/М как по МИМ, так и по КМ в группе здоровых испытуемых выше, чем в группе детей с ИС (таб.5). При анализе по критерию Вилкоксона по подгруппам выявлена статистически значимая асимметрия между выпуклой и вогнутой стороной сколиотической дуги только в группах груднопоясничных правосторонних и левосторонних поясничных сколиозов с непрогрессирующим течением ($p < 0,0046$ и $p < 0,026$ соответственно).

In general, H/M of MIM and SM in the group of healthy subjects were higher than in the group of children with AIS (tab.5). The analysis held by Wilcoxon test for sub-groups showed a statistically significant asymmetry between convex and concave side of curve only in right-side thoracolumbar scoliosis group and in the left-side lumbar scoliosis group with the non-progressive course ($p < 0,0046$ and $p < 0,026$ respectively).

Table 5. The value of H/M*100% in patients with AIS aged 10-15 years in the whole group.

	$\bar{x} \pm m$	Median	Minimum	Maximum	σ
Right IG _i	20,9±0,8	17,3	1,2	90	14,5
Left IG _i	20,5±0,8	16,2	1,6	98	14,6
Right SI	44,3±1,2	43,8	1,5	100	22,0
Left SI	45,3± 1,3	44,2	0,0	99	22,2

Обнаружена асимметрия Н/М на выпуклой и вогнутой стороне дуги в группе пациентов с правосторонними формами сколиоза при величине дуги 5-25° и отсутствие ее при величине дуги более 25°. **H/M asymmetry on the convex and concave side of the curve in patients with right forms of scoliosis in the curve magnitude of 5-25° and its absence in the magnitude of the arc of more than 25° were found.** Величины Н/М как по правой и левой МИМ, так и по правой и левой КМ во всех исследуемых группах имеют тенденцию к нарастанию по мере утяжеления состояния и характера прогрессирования, особенно в группе правосторонних грудных и груднопоясничных сколиозов. В данном случае наши результаты совпадают с результатами [2] по левосторонним поясничным сколиозам. **The H/M values for both left and right MIM and right and left of the SM all treatment groups have a tendency to grow as the worsening condition and character progression, especially in the group of right-sided thoracic and thoracolumbar scoliosis. In this case, our results are consistent with [2] on the left-sided lumbar scoliosis.** В нашем исследовании величины Н/М составили по КМ у здоровых детей 55-57%, по правой и левой МИМ ($M \pm m = 25,8 \pm 3,2$ и $22,1 \pm 2,9$ соответственно) в отличие от опубликованных в литературе [5,6]. Это свидетельствует о преобладании в исследованных нами группах отклонений в деятельности спинальных механизмов либо показывает реакцию спинного мозга на уже развившуюся деформацию. **In our study H/M amounted to KM in healthy children 55-57%, on the right and left MIM ($M \pm m = 25,8 \pm 3,2$ and $22,1 \pm 2,9$ respectively) in contrast to published in the literature [5,6]. It indicates the predominance of spinal abnormalities of the investigated groups in either shows the reaction mechanisms of spinal cord on the pre-existing strain.** С использованием критериев Манна-Уитни и Вальда-Вольфовица были выявлены отличия между здоровыми испытуемыми и пациентами с правосторонними формами ИС, а также между право- и левосторонними формами ИС при условии отдельного рассмотрения пациентов в зависимости от локализации вершины дуги. **Using the criteria of the Mann-Whitney and Wald-Wolfowitz were revealed differences between healthy subjects and patients with right forms of AIS, as well as between right- and left-sided forms of AIS in condition of individual**

treatment of patients, depending on the location of the curve top. Результаты корреляционного анализа по методам Спирмена, тау-Кендалла и гамма-статистики в группах право- и левосторонних сколиозов в зависимости от вершины дуги и характера прогрессирования уточнялись с помощью дисперсионного и дискриминантного анализа (последний проверен на той же выборке с помощью априорной классификации). Они позволяют говорить лишь о той или иной степени вероятности прогрессирования при нарастании в динамике величины Н/М у правосторонних форм ИС по левой МИМ при снижении Н/М по правой КМ, у левосторонних форм – при нарастании Н/М по правой МИМ в сочетании со снижением величины Н/М по левой КМ.

The results of correlation analysis according to Spearman techniques, Kendall's tau-and gamma-statistics in groups of right- and left-sided scoliosis, depending on the curve top and progression character were refined using the variance and discriminant analysis (this method was validated on the same sample using a priori classification). All this give opportunity to speak only about the degree of probability of right-side scoliosis progression if H/M on left MGM increase in the dynamics in combination with H/M decrease on the right SM, and of left-side scoliosis progression – if an H/M increase on the right MGM, in conjunction with the decrease of H/M on the left CM.

Conclusion.

В ходе исследования установлено, что на выпуклой стороне вершины дуги и на вогнутой стороне каудальной её части суммарная биоэлектрическая активность паравертебральных мышц выше по сравнению с таковой на противоположной стороне. При этом необходим учет этапности развития процесса деформации. При однократном исследовании процесс прогрессирования отражается в среднегрупповых показателях Н/М, однако недопустимо применение лишь соотношения Н/М-ответов.

The study revealed that on the convex side of the curve top and on the concave side of its caudal part the paravertebral muscles total bioelectrical activity was higher compared with that on the opposite side. Of great importance is the registration of the stages of deformation processes phases. The progression process is reflected in the mean-group H/M data in a single study, however is inadmissible the use only H/M responses ratio. Сравнение совокупности индивидуальных электрофизиологических показателей пациента с данными, содержащимися в нормативной базе, позволяет

отнести его в ту или иную группу по признаку прогрессирования с достаточно высокой степенью вероятности. Comparison of patient's electrophysiological individual parameters with data contained in the standard database makes it possible to define the group on the basis of progression with a high degree of probability.

References

- [1] J.Cheung, J.P.Halberstma, A.G.Veldhuizen, et al. A preliminary study on electromyographic analysis of the paraspinal musculature in idiopathic scoliosis//*Eur.J.Spine*–2005. – 14(2). – P.130-137.
- [2] K.Czernicki, K. Dobosiewicz, A. Jedrzejewska, J.Durmala. Hoffmann reflex in idiopathic scoliosis // *Stud. Health. Technol. Inform.* – 2006. – 123. – P. 146-150.
- [3] M.Dudin, D.Pinchuk. Idiopathic Scoliosis: diagnosis, pathogenesis.–St.Petersburg: The Man,2009.–336p.
- [4] N.Gauderault, A.B.Arsenault, C.Lariviere, et al. Assessment of the paraspinal muscles of subjects presenting an idiopathic scoliosis: an EMG pilot study//*BMC Musculoskelet. Disord.*–2005.–6.– P.14.
- [5] M.Hallett, A.Berardeli, J.Kimura et al. Central EMG and tests of motor control. Report of IFCN committee // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology.* – 1994. – 90. – P.404-432.
- [6] V.Komantsev, V.Zabolotnykh. Methodological Basics of clinical electromyographic. – St.-Petersburg: Lan, 2001. – 350 p. (in Russian).
S.G.Nikolaev. Atlas of Electromyography – Ivanovo : IPK«PresSto», 2010. – 468c. (in Russian).