

Развитие нервной, мышечной и сердечнососудистой систем у пациентов со сколиотической деформацией I-II степени в онтогенезе. Сообщение III. Динамика параметров ЭМГ мышц спины у пациентов со сколиотической деформацией I-II степени в возрасте от 6 до 18 лет

В.В. Бутуханов

Ontogenesis of the nervous, muscular and cardiovascular systems in patients with I-II degree scoliosis. Report III. Dynamics of EMG parameters of the back muscles in patients at the age of 6-18 years with I-II degree scoliosis

V.V. Butukhanov

ГУ НЦ Реконструктивно-восстановительной хирургии ВСНЦ СО РАМН, г. Иркутск (директор – д. м. н. В.А. Сороковиков)

Целью данного исследования явилось изучение возрастных особенностей параметров ЭМГ мышц спины у пациентов в возрасте от 6 до 18 лет со сколиотической деформацией I-II степени. 26 пациентов было в возрасте $7,5 \pm 0,57$ года; 39 – в возрасте $12,9 \pm 0,28$ года; 29 – $16,6 \pm 0,5$ года. Функциональное состояние мышц поясничного отдела позвоночника оценивалось по показателям ЭМГ m. Erector spinae. Установлено, что с увеличением возраста больных сколиозом I-II степени детей как с левой, так и с правой стороны от позвоночника в мышцах происходит увеличение максимальной мощности ЭМГ, средней частоты ЭМГ и отношения быстрых волн к медленным ЭМГ, уменьшение средней максимальной амплитуды ЭМГ и отношения средней мощности к средней частоте ЭМГ m. erector spinae. Наблюдается скачок изменения вышеперечисленных показателей между возрастным диапазоном от 6 до 10 лет и возрастным диапазоном от 10 до 14 лет. В дальнейшем, по мере взросления испытуемых детей, скорость изменения показателей замедляется. Для всех возрастных групп установлено, что максимальная амплитуда ЭМГ и отношение средней мощности к средней частоте ЭМГ выше, а средняя максимальная мощность ЭМГ, средняя частота ЭМГ, отношение быстрых волн к медленным ЭМГ m. erector spinae ниже справа относительно левой стороны позвоночника у пациентов со сколиотической деформацией позвоночника I-II степени.

Ключевые слова: сколиоз, онтогенез, биопотенциалы мышц.

The aim of this work was to study the age-related special features of EMG parameters of the back muscles in patients at the age of 6-18 years with I-II degree scoliosis. 26 patients were at the age of 7.5 ± 0.57 years; 39 – at the age of 12.9 ± 0.28 years; 29 – 16.6 ± 0.5 years. The functional condition of lumbar muscles was evaluated by EMG values of m. erector spinae. It has been established the increase of maximal EMG power, that of mean EMG frequency and EMG fast waves/slow waves ratio, as well as the decrease of mean maximal EMG amplitude and m. erector spinae EMG mean power/mean frequency ratio is observed in muscles both to the left and to the right from the spine with age in children with I-II degree scoliosis. A spurt of the change in the parameters mentioned above takes place within the age-related range of 6-10 years and that of 10-14 years. Subsequently, as far as the children tested grow older, the rate of the parameter change becomes slower. It has been established for all age-related groups, that EMG maximal amplitude and EMG mean power/mean frequency ratio is higher, while EMG mean maximal power, EMG mean frequency, EMG fast waves/slow waves ratio in m. erector spinae is lower on the spine right side with respect to the left one in patients with I-II degree scoliosis of the spine.

Keywords: scoliosis, ontogenesis, muscle biopotentials.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование двигательного анализатора, который в ходе развития организма претерпевает значительные изменения, продолжает оставаться актуальным. Оценивая развитие двигательной деятельности в процессе онтогенеза, целесообразно остановиться на функциональных и структурных изменениях в мышцах.

В настоящее время наиболее признанной методологической основой изучения и количественной оценки функциональных сдвигов двигательной системы является электромиография (ЭМГ), которая позволяет оценить не только силу, выносливость,

координацию, параметры двигательных единиц, но и морфофункциональную организацию мышечной системы в онтогенезе [6].

Следует заметить, что в рассматриваемых работах не проводился анализ особенностей функционального состояния мышечной системы в онтогенезе у больных сколиозом.

Целью данного исследования явилось изучение возрастных особенностей параметров ЭМГ мышц спины у пациентов в возрасте от 6 до 18 лет со сколиотической деформацией I-II степени.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования были проведены у больных сколиозом I-II степени в возрасте от 6 до 18 лет. Все больные по возрасту были разделены на три груп-

пы: 20 больных – от 6 до 10 лет ($7,7 \pm 0,9$) – группа I; 37 больных – от 10 до 14 лет ($12,5 \pm 0,7$) – группа II; 29 больных – от 14 до 18 лет ($16,2 \pm 0,9$) – группа III.

Функциональное состояние мышц поясничного отдела позвоночника оценивалось по показателям ЭМГ *m. Erector spinae*. По ЭМГ определялась мощность при максимальном изотоническом сокращении мышц в течение 10 секунд (оценка мышечного усилия) [5]. Определялось отношение высоких частот к низким (оценка миодистрофических изменений в мышцах). ЭМГ-методы наиболее эффективны не только в диагностике нервно-мышечных заболеваний, но и в изучении морфофункциональной реорганизации ДЕ [6]. Определялось отношение максимальной мощности при максимальном изотоническом сокращении мышц в течение 10 секунд к средней частоте (дифференциальная диагностика первично мышечных заболеваний и дисфункции мотонейронов или их аксонов) [3]. Опре-

делялось вариационное распределение частот в диапазонах от 15,0 до 25,0 Гц и от 25,1 до 70,0 Гц. Диапазон 15,0-25 Гц обусловлен разрядом «тонических» ДЕ типа 1 – это медленные, устойчивые к утомлению, обладающие оксидативным типом обмена. Диапазон 25,1-70,0 Гц обусловлен разрядом «фазических» ДЕ типа 2А (обладающие оксидативно-гликолитическим обменом) и 2Б (обладающие гликолитическим обменом) [3].

Статистическая обработка включала оценку среднего арифметического, доверительного интервала. Для характеристики межгрупповых различий применялся t-критерий Стьюдента. Достоверным считали уровень значимости $p < 0,05$. Графическое оформление и представление результатов обработки первичных данных выполнены в Excel 2000.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование максимальной мощности, развиваемой *m. Erector spinae* у больных сколиозом I-II степени в течение 10 секунд, показало, что наблюдается рост максимального мышечного усилия у лиц среднего возраста (пубертатный период, вторая группа), а у лиц старшего возраста (третья группа) оно незначительно снижается, сохраняя достоверность увеличения относительно первой группы. Установлено, что максимальная мощность ЭМГ справа ниже у испытуемых всех групп (таблица, рис. 1, А, Б).

Анализ отношения максимальной мощности к средней частоте при десятисекундном максимальном напряжении спинальной мышцы показал достоверное уменьшение показателя между испытуемыми младшего возраста с испытуемыми среднего и старшего возраста. Причем, отношение максимальной мощности к средней частоте выше с правой стороны во всех изучаемых группах. Достоверное уменьшение величины отношения идет до возрастного периода 10-14 лет, в дальнейшем сохраняется только тенденция к его уменьшению (таблица, рис. 1, В, Г).

Исследование средней частоты, развиваемой *m. erector spinae*, у больных сколиозом 1-2 степени

в течение 10 сек., которая отражает не только рекрутирование новых ДЕ, но и стратегию увеличения усилия [7], показало, что, независимо от возраста пациентов, частота исследуемой мышцы изменяется в очень маленьком диапазоне. Достоверные различия в сторону ее увеличения были зарегистрированы между группами среднего и старшего возраста и группой младшего возраста как с левой, так и с правой стороны позвоночника (таблица). Наибольший скачок в сторону увеличения средней частоты наблюдается к возрастному периоду от 10 до 14 лет. Сохраняется закономерность: средняя частота ЭМГ справа ниже во всех возрастных группах (рис. 2, А, Б).

Анализ средней амплитуды ЭМГ мышцы – разгибателя позвоночника показал значительные различия между группами. Самая высокая средняя амплитуда ЭМГ *m. Erector spinae* при десятисекундном мышечном напряжении была зарегистрирована в младшей группе и самая низкая – в старшей (таблица). Отмечается существенная разница в амплитуде ЭМГ между правой и левой сторонами спины – более высокие значения наблюдаются с правой стороны (рис. 2, В, Г).

Таблица

Распределение показателей ЭМГ *m. Erector spinae* при максимальном ее сокращении у больных сколиозом I-II степени в возрасте от 6 до 18 лет

Показатели	Средний возраст		
	7,5±0,57 года (n=25)	12,9±0,28 года (n=37)	16,6±0,5 года (n=29)
Максимальная мощность ЭМГ за 10 секунд, мкВ:			
Слева	530±44	628±48*	603±49*
Справа	518±45	576±53*	552±35*
Средняя частота ЭМГ за 10 секунд, Гц:			
Слева	26,1±1,0	28,4±0,6*	28,9±0,5*
Справа	24,3±1,3	27,7±0,6*	28,3±0,7*
Средняя амплитуда ЭМГ за 10 секунд, мкВ:			
Слева	1223±93	1116±105*	1127±65*
Справа	1456±104	1254±111*	1107±62**
Отношение средней мощности к частоте ЭМГ за 10 сек., отн. ед.:			
Слева	48,2±7,1	39,4±3,3*	38,3±2,1*
Справа	59,9±8,2	42,0±3,2*	37,7±2,5**
Отношение средних: высокой частоты к низкой ЭМГ за 10 секунд, отн. ед.:			
Слева	1,03±0,13	1,45±0,13*	1,56±0,12*
Справа	0,80±0,12	1,29±0,11*	1,39±0,11*

Примечание: * – $p < 0,05$ между второй и третьей группами с первой группой, ** – $p < 0,05$ между третьей и второй группами.

При исследовании отношения высокой частоты к медленной частоте ЭМГ отмечено, что самая высокая частота у лиц старшего возраста, но значительный скачок этого показателя наблюдается к среднему возрасту (таблица, рис. 3).

Исследование максимальной мощности сокращения *m. Erector spinae* у больных сколиозом I-II степени в течение 10-ти сек. показало, что она с возрастом увеличивается, что, вероятно, связано с ростом мышц, увеличением площади поперечного сечения мышечных волокон с перераспределением концевых пластинок. Диаметр мышечных волокон в 7 лет составляет 21-22 мкм, в 12-16 лет – 26-28 мкм и стабилизируется к 18-20 годам [1]. Мощность ЭМГ также зависит как от частоты раз-

ряда ДЕ, так и от амплитуды, отражая суммарную площадь, занимаемую ДЕ между электродами, и значительно коррелирует с мышечным усилием, достигая 0,98, и может использоваться для оценки мышечного усилия [4].

Это же подтверждается и при регистрации средней частоты ЭМГ. Нашими исследованиями было установлено, что средние значения частоты импульсации ЭМГ увеличиваются и достигают максимального значения в старшем возрасте. Следует полагать, что с возрастом при выполнении двигательного акта вовлекается в активность большее число ДЕ. Некоторые авторы [7] считают, что величину средней частоты можно использовать для изучения стратегии увеличения усилия в различных мышцах.

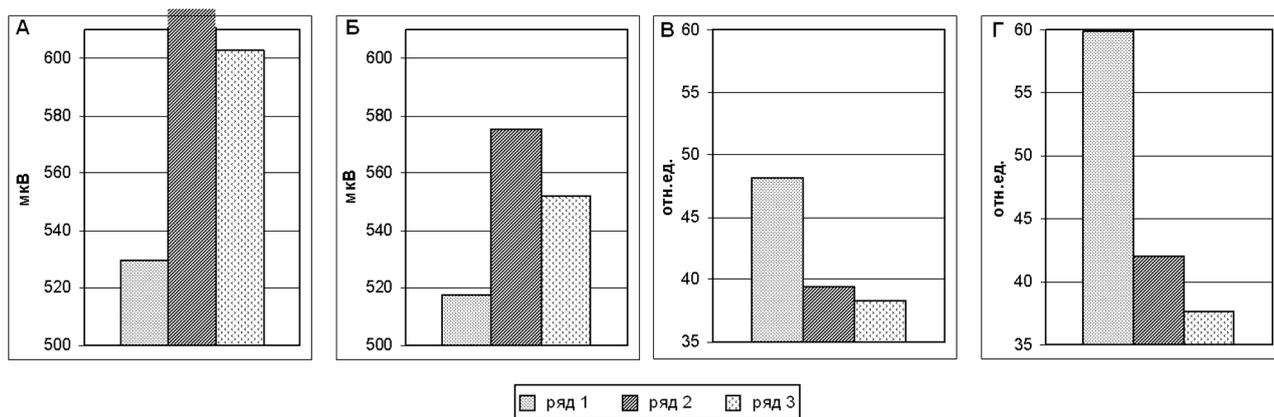


Рис. 1. Максимальная мощность ЭМГ (А – слева, Б – справа) и отношение максимальной мощности ЭМГ к частоте (В – слева, Г – справа), развиваемой мышцей *Erector spinae* в течение 10 секунд, у больных сколиозом I-II ст. Ряд 1 – возрастной диапазон от 6 до 10 лет, ряд 2 – от 10 до 14 лет, ряд 3 – от 14 до 18 лет

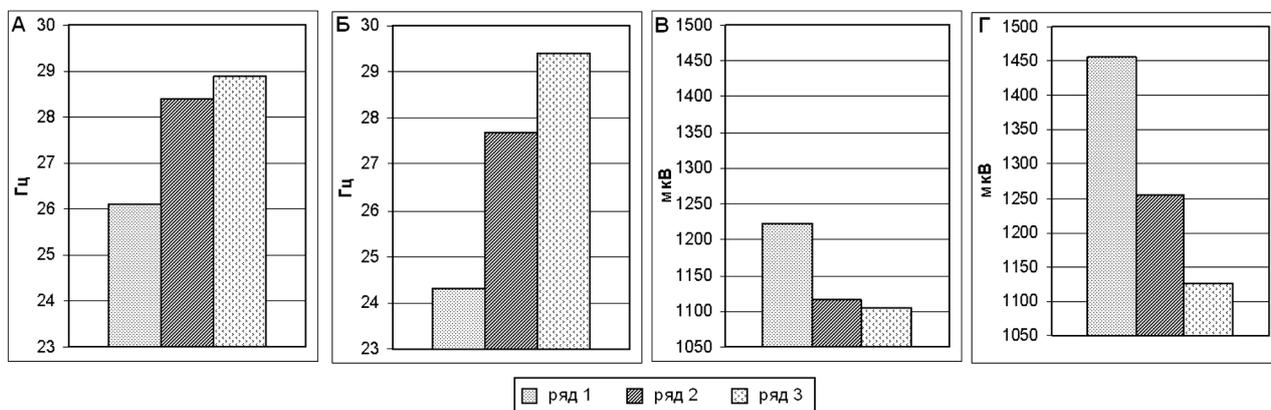


Рис. 2. Средняя частота (А – слева, Б – справа) и амплитуда (В – слева, Г – справа) ЭМГ *m. Erector spinae* у больных сколиозом I-II ст., развиваемые мышцей в течение 10 секунд. Ряд 1 – возрастной диапазон от 6 до 10 лет, ряд 2 – от 10 до 14 лет, ряд 3 – от 14 до 18 лет

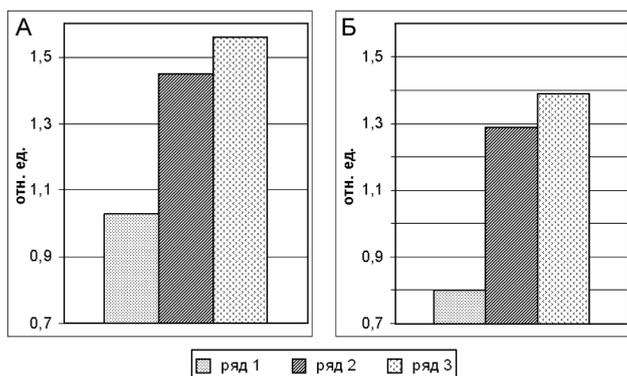


Рис. 3. Отношение высокой частоты ЭМГ *m. Erector spinae* к низкой у больных сколиозом I-II ст., развиваемых мышцей в течение 10-ти сек. (А – слева, Б – справа). Ряд 1 – возрастной диапазон от 6 до 10 лет, ряд 2 – от 10 до 14 лет, 3 ряд – от 14 до 18 лет

Анализ возрастной динамики амплитуды ЭМГ мышц спины показал значительные различия между группами. Самая высокая средняя амплитуда ЭМГ *m. Erector spinae* была у лиц в возрастном диапазоне от 6 до 10 лет. Амплитуда поверхностной ЭМГ может зависеть от плотности мышечных волокон, их диаметра [6], длительности потенциала ДЕ [3] и синхронизации ДЕ. Синхронизация ДЕ больше отражает процессы утомления при длительном изотоническом сокращении мышц [4]. Так как при максимальном десятисекундном напряжении мышц спины вероятность возникновения утомления мала, поэтому с большей вероятностью можно думать, что увеличение амплитуды ЭМГ мышц связано с увеличением плотности мышечных волокон и длительностью потенциала действия ДЕ. Установлено, что амплитуда ЭМГ у детей 6-10 лет намного выше, чем у подростков 14-18 лет. Возможно, уменьшение активности ЭМГ с возрастом при выполнении статического мышечного напряжения отражает более экономичную и совершенную регуляцию двигательной системы [2].

Динамика отношения высоких и низких частот ЭМГ, относящихся к разрядам фазических и тонических мышечных волокон, позволяет оценить морфофункциональную реорганизацию ДЕ [6]. Исследованиями спектра мощности мышц верхних конечностей установлено, что спектр имеет два максимума на частотах 20 и 90 Гц. Пик на 20 Гц обусловлен разрядом тонических, а пик на частоте

90 Гц – фазических волокон [5]. В наших исследованиях было установлено, что с возрастом значение отношения быстрых волн к медленным достоверно повышается, что можно расценивать как увеличение фазических волокон в исследуемой мышце.

Анализ отношения мощности к частоте показал, что максимальное значение было зарегистрировано у лиц младшего возраста. Отношение максимальной мощности к частоте ЭМГ является косвенным показателем суммарной средней величины длительности потенциала действия ДЕ, входящих в зону регистрации. Увеличение длительности потенциала действия ДЕ связано с уменьшением числа мотонейронов и увеличением числа мышечных волокон в каждой ДЕ. Уменьшение же длительности потенциала действия связано с уменьшением количества мышечных волокон в составе ДЕ [3].

Особо следует обратить внимание на скачок всех исследуемых показателей в возрастном диапазоне 10-14 лет. На основании многочисленных исследований качества растущего организма установлено, что к периоду 13-14 лет происходит существенное нарастание силы многих мышц, скорости их сокращений, способности к осуществлению позы стояния и прямолинейной ходьбы, точность дифференцирования проприоцептивных раздражителей. Формирование двигательного анализатора находится в соответствии с морфологическими данными, указывающими на созревание к этому возрасту соответствующих структур мозга [4].

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что с увеличением возраста как с левой, так и с правой стороны от позвоночника в *m. Erector spinae* происходит увеличение максимальной мощности ЭМГ, средней частоты ЭМГ и отношения быстрых волн к медленным, уменьшение средней максимальной амплитуды ЭМГ и отношения средней мощности к средней частоте ЭМГ у больных сколиозом I-II степени детей.

2. Наблюдается скачок изменения вышеперечисленных показателей между возрастным диапазоном

от 6 до 10 лет и возрастным диапазоном от 10 до 14 лет. В дальнейшем, по мере взросления испытуемых детей, скорость изменения показателей замедляется.

3. Для всех возрастных групп установлено, что максимальная амплитуда ЭМГ, отношение средней мощности к средней частоте ЭМГ выше, а средняя максимальная мощность ЭМГ, средняя частота ЭМГ и отношение быстрых волн к медленным ниже с правой стороны, чем с левой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возрастная физиология: рук. по физиологии. Л.: Наука, 1975. 493 с.
2. Изучение возрастных особенностей движений, выполняемых в режиме слежения-управления // Труды IX научной конференции по возрастной морфологии, физиологии, биохимии : в 2 ч. М., 1972. Ч. 1. С. 195.
3. Электромиография в диагностике нервно-мышечных заболеваний / Б.М. Гехт [и др.]. Таганрог: Изд-во Таганрог. гос. радиотехн. ун-та, 1997. 369 с.
4. Kelly M., Garlick D. Correlation of electrical activity and tension of human forelimb and trunk muscles // Proc. Austral. Physiol. Pharmacol. Soc. 1987. Vol. 18, No. 1. P. 555-561.
5. Nagata A., Muro M., Kitamoto H. Frequency characteristics in isometric muscular contractions from correlation function and Fourier analysis of surface electromyogram // Jap. J. Phys. Fit. Sport. 1975. Vol. 24, No. 4. P. 111-117.
6. Nandenkar S. D., Barkhaus P. E., Charles A. Multi-motor unit action potential analysis (MMA) // Muscle Nerve. 1995. Vol. 18, No. 10. P. 1155-1166.
7. Electromyogram power spectra frequencies associated with motor unit recruitment strategies / M. Solomonov [et al.] // J. Appl. Physiol. 1990. Vol. 68, No. 3. P. 1177-1185.

Рукопись поступила 28.12.09.

Сведения об авторе:

В.В. Бутуханов – ГУ НЦ Реконструктивно-восстановительной хирургии ВСНЦ СО РАМН, г. Иркутск.