

ЭМГ больных сколиозом I-II степени с разной пластичностью ЦНС при поддержании субмаксимального сокращения *m. erector spinae*

В.В. Бутуханов, Н.И. Арсентьева, Е.В. Неретина

EMG of patients with scoliosis of I-II degree with different CNS plasticity in case of maintaining *m. erector spinae* submaximal contraction

V.V. Butukhanov, N.I. Arsent'eva, E.V. Neretina

ГУ НЦРВХ ВСНЦ СО РАМН (директор – член-корр. РАМН Е.Г. Григорьев), г. Иркутск

Основной задачей настоящего исследования было сопоставление значений статистических характеристик ЭМГ мышц спины и волновой структуры ЭЭГ у больных сколиозом I-II степени при длительном статическом напряжении мышц. Исследование мощности ЭМГ *m. erector spinae* при изотоническом поддержании 50 % от максимальной силы произвольного сокращения, развиваемого мышцей в течение 30 сек. у больных сколиозом I-II степенью показало, что у лиц с высокой пластичностью нейродинамических процессов ЦНС регистрируется максимальная электрическая активность, частота, амплитуда, отношение амплитуды к частоте, отношение высокой частоты к низкой и минимальные значения вышеперечисленных показателей у лиц со средней пластичностью ЦНС.

Ключевые слова: сколиоз I-II степени, ЭМГ *m. erector spinae*, ЭЭГ, изометрическое сокращение скелетных мышц

Comparison of the values of spinal muscle EMG statistic characteristics and those of EEG wave structure in patients with scoliosis of I-II degree for prolonged static muscle tension was the main purpose of our study. Examination of *m. erector spinae* EMG power while isotonic maintaining 50 % of the maximal force of voluntary contraction made by the muscle during 30 sec in patients with scoliosis of I-II degree demonstrated that the values of maximal electric activity, frequency, amplitude, amplitude-frequency ratio, high-low frequency ratio were registered in patients with high plasticity of CNS neurodynamic processes and minimal values of the parameters mentioned above – in patients with CNS mean plasticity.

Keywords: scoliosis of I-II degree, *m. erector spinae* EMG, EEG, isometric contraction of skeletal muscles.

В последние годы значительное внимание уделяется анализу компенсаторно-приспособительных реакций при сколиотической болезни, которая в некоторых случаях начинает быстро прогрессировать у детей в связи с началом школьного обучения. Переход от условий воспитания в семье и дошкольных учреждений к качественно иной атмосфере школьного обучения, складывающейся из совокупности умственных, эмоциональных и физических нагрузок, предъявляет новые, более сложные требования к личности ребенка и его индивидуально-типологическим возможностям развития ЦНС. Уже в первом классе в 32 % случаев у детей формируется «школьная дезадаптация», одной из причин которой является индивидуальная специфика приспособительных реакций.

При исследовании нейрофизиологических механизмов индивидуальной адаптации к экстремальным условиям (первое посещение школы можно расценивать как экстремальное событие) было установлено, что в формировании «школь-

ной дезадаптации» ведущую роль играет пластичность нервной системы, которая отражается в структурно-временной организации биопотенциалов мозга [3].

В приведенных исследованиях обнаружена определенная взаимосвязь между пластичностью центральных механизмов и динамическими перестройками в различных физиологических системах [2, 5]. Однако в рассматриваемых работах не проводился анализ особенностей функционального состояния мышечной системы в зависимости от пластичности центральных механизмов ЦНС в условиях длительного статического напряжения мышц, что имеет значение при адаптации к статическим нагрузкам у школьников.

Основной задачей настоящего исследования было сопоставление значений статистических характеристик ЭМГ мышц спины и волновой структуры ЭЭГ у больных диспластическим сколиозом I-II степени при длительном статическом напряжении мышц.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены на больных с правосторонним S-образным диспластическим сколиозом I-II степени в возрасте от 15 до 18 лет. Все

больные по типу структурно-временной организации биопотенциалов мозга были разделены на три группы соответственно 18 (15,9±1,5 лет),

14 (16,3±0,7 лет) и 17 (16,5±0,6 лет) человек.

Регистрация и последующая обработка ЭЭГ осуществлялась с помощью электронно-вычислительного комплекса по методике, разработанной в отделе экологической физиологии НИИ экспериментальной медицины РАМН [3]. По структуре граф переходных вероятностей основных ритмов ЭЭГ: дельта (1,5-3,5 Гц), тета (3,6-7,5 Гц), альфа 1 (7,6-9,5 Гц), альфа 2 (9,6-12,5 Гц), бета 1 (12,6-17,5 Гц) и бета 2 (17,6-30 Гц) – были выделены три индивидуально-типологические группы с различной пластичностью центральных механизмов саморегуляции функций: с низким, средним и высоким типом пластичности нейродинамических процессов ЦНС.

Функциональное состояние мышц поясничного отдела позвоночника оценивалось по показателям ЭМГ *m. erector spinae*. По ЭМГ определялась мощность (оценка мышечного усилия [12] и утомляемости мышц [7]), отношение вы-

соких частот к низким (оценка миодистрофических изменений в мышцах). Электромиографические методы наиболее эффективны не только в диагностике нервно-мышечных заболеваний, но и в изучении морфофункциональной реорганизации двигательных единиц (ДЕ) [10, 13], отношение максимальной мощности к средней частоте (дифференциальная диагностика первично – мышечных заболеваний и дисфункции мотонейронов или их аксонов [1]) при 30-секундном изотоническом поддержании 50 % от силы максимального произвольного сокращения.

Статистическая обработка включала оценку среднего арифметического, доверительного интервала. Для характеристики межгрупповых различий применялись t-критерий Стьюдента и U-критерий Вилкоксона-Манна-Уитни. Достоверным считали уровень значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Использование методики, направленной на изучение структурных свойств электрических процессов головного мозга в последовательном взаимодействии их основных ритмов, позволило среди испытуемых выделить три индивидуально-типологические группы с различной пластичностью центральных механизмов саморегуляции функций: с низким типом пластичности нейродинамических процессов ЦНС (18 пациентов, возрастом 15,9±1,5 лет), средним (14 пациентов, возрастом 16,3±0,7 лет) и высоким (17 пациентов, возрастом 16,5±0,6 лет).

Для первой группы больных была характерной высокая вероятность перехода тета- в тета-ритм («тета-ядро»), а также высокая вероятность его перехода в альфа 1- и 2-ритмы (рис. 1, А). У второй группы больных была отмечена высокая вероятность перехода бета- в бета-ритм («бета-ядро») и бета-ритм в альфа 2-ритм (рис. 1, Б). Для третьей группы больных была характерной высокая вероятность перехода альфа- в альфа-ритм («альфа-ядро»), а также высокая вероятность его перехода в альфа- в бета-ритм (рис. 1, В).

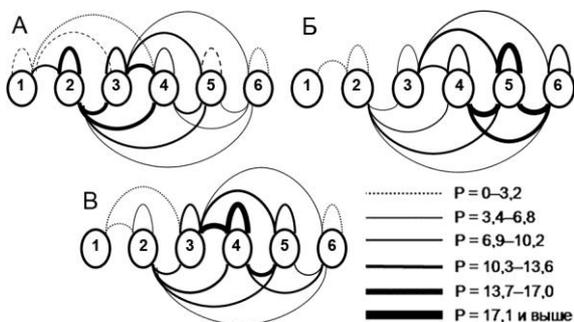


Рис. 1. Графическое отображение вероятности переходов ритмов с низкой (А, n = 18), средней (Б, n = 14) и высокой (В, n = 17) пластичностью нейродинамических процессов ЦНС: 1 – дельта, 2 – тета, 3 – альфа-1, 4 – альфа-2, 5 – бета-1, 6 – бета-2

Исследование мощности ЭМГ при поддержании 50 % от максимальной силы, развиваемой *m. erector spinae* в течение 30 сек. у больных сколиозом I-II степени, показало, что максимальная величина биоэлектрической активности достоверно больше у лиц с высокой пластичностью нейродинамических процессов относительно других групп. Причем выявляется следующая закономерность: поддерживаемое мышечное усилие ниже у лиц со средним типом пластичности ЦНС относительно лиц с низкой и высокой пластичностью нервной системы (рис. 2, а, б; табл. 1). Средняя мощность ЭМГ с выпуклой стороны позвоночника была выше во всех группах испытуемых.

Анализ отношения поддерживаемой мощности к средней частоте ЭМГ при 30-секундном удержании спинальной мышцей 50-процентного от максимального напряжения также показал достоверные отклонения ЭМГ-активности у лиц с высокой пластичностью ЦНС и у лиц с низкой и средней пластичностью ЦНС. Сохраняется установленная закономерность: величина отношения удерживаемой мощности к частоте самая высокая у лиц с высокой пластичностью ЦНС и самая низкая – со средней пластичностью ЦНС (рис. 2, в, г; табл. 1). Отношение средней мощности к средней частоте ЭМГ с выпуклой стороны позвоночника было повышенным во всех группах больных.

Исследование средней частоты ЭМГ при поддержании 50 % от максимальной силы, развиваемой *m. erector spinae* у больных сколиозом I-II степени в течение 30 сек., показало, что максимальная развиваемая мышцей частота у больных сколиозом с высокой пластичностью ЦНС в течение 30 сек. регистрируется как с вогнутой, так и с выпуклой стороны позвоночника. Средняя частота отражает не только рекрутирование но-

вых ДЕ, но и стратегию увеличения усилия [14]. Исследования показали, что независимо от пластичности ЦНС частота исследуемой мышцы изменяется в очень маленьком диапазоне.

В то же время сохраняется вышеуказанная закономерность: средняя частота ЭМГ ниже с выпуклой стороны позвоночника, повышаясь в группах в той же последовательности: средняя – низкая – высокая пластичность ЦНС (рис. 3, а, б; табл. 1).

Анализ средней амплитуды ЭМГ мышц спины показал значительные различия между группами. Самая высокая средняя амплитуда ЭМГ *m. erector spinae* при 30 сек. удержании мышечного

напряжении была зарегистрирована в группе с высокой пластичностью ЦНС и самая низкая – у лиц со средней пластичностью. Достоверные различия были между группой больных с высокой пластичностью и группами с низкой и средней пластичностью ЦНС. Наблюдается разница в амплитуде ЭМГ между вогнутой и выпуклой стороной позвоночника. Остается неизменной градация амплитуды по величине ЭМГ: самая высокая в группе высокой пластичностью ЦНС и низкая в группе со средней пластичностью ЦНС (рис. 3, в, г; табл. 1).

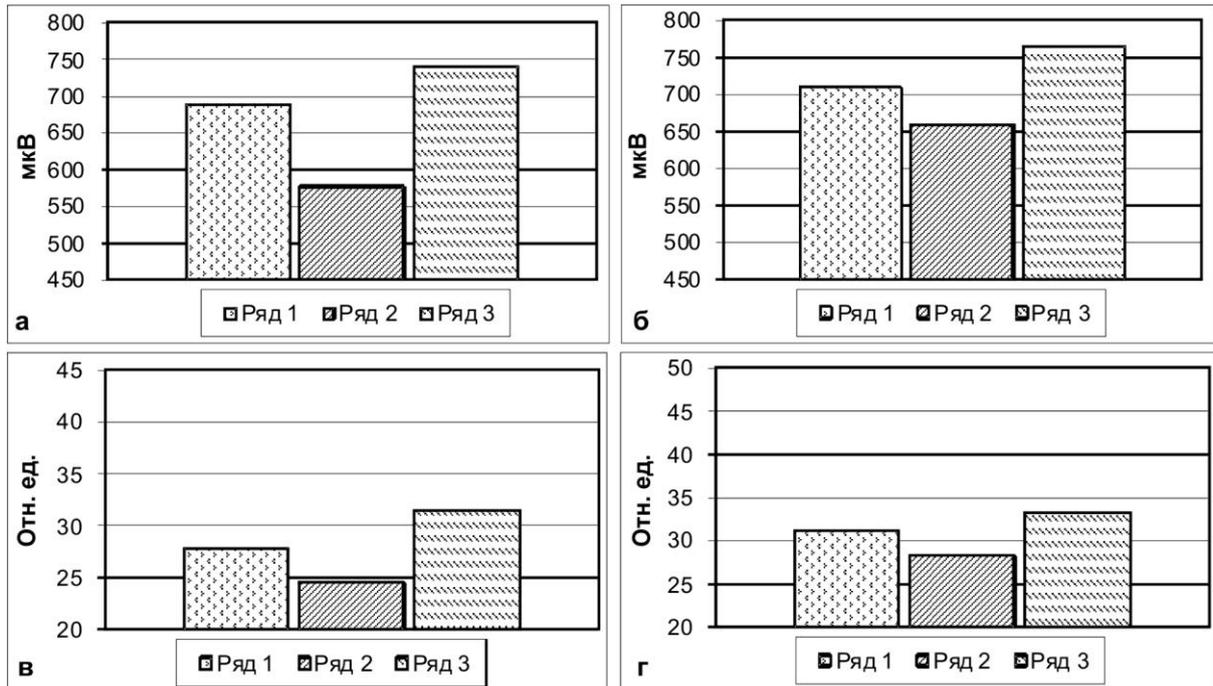


Рис. 2. Мощность ЭМГ *m. erector spinae* (а – слева, б – справа) и отношение мощности ЭМГ к частоте (в – слева, г – справа) при изотоническом поддержании 50 % от максимальной силы произвольного сокращения развиваемое мышцей в течение 30 сек. у больных сколиозом I–II степени. Ряд 1 – лица с низкой, ряд 2 – лица со средней и ряд 3 – лица с высокой пластичностью ЦНС

Таблица 1

Статистическое распределение показателей ЭМГ *m. erector spinae* у больных сколиозом I–II степени с разной пластичностью нейродинамических процессов ЦНС

| Показатели | Тип пластичности нервной системы | | |
|--|----------------------------------|-----------|------------|
| | низкая | средняя | высокая |
| Максимальная мощность ЭМГ за 30 сек | | | |
| Слева, мкВ | 689±87 | 577±143 | 741±121* |
| Справа, мкВ | 709±55 | 660±69 | 765±133* |
| Средняя частота ЭМГ за 30 сек | | | |
| Слева, Гц | 28,6±0,62 | 28,6±1,0 | 29,1±0,62 |
| Справа, Гц | 28,5±0,86 | 27,9±1,5 | 28,8±0,49 |
| Средняя амплитуда ЭМГ за 30 сек | | | |
| Слева, мкВ | 797±88 | 711±85* | 917±106** |
| Справа, мкВ | 885±125 | 789±91 | 961±105* |
| Отношение средней мощности к частоте ЭМГ за 30 сек | | | |
| Слева, отн. ед. | 27,8±5,4 | 24,5±3,1 | 31,5±4,2* |
| Справа, отн. ед. | 31,1±2,4 | 28,3±3,8 | 33,3±3,9* |
| Отношение средних величин высокой частоты к низкой частоте ЭМГ за 30 сек | | | |
| Слева, отн. ед. | 1,48±0,22 | 1,36±0,14 | 1,64±0,13* |
| Справа, отн. ед. | 1,24±0,15 | 1,16±0,17 | 1,36±0,13* |

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

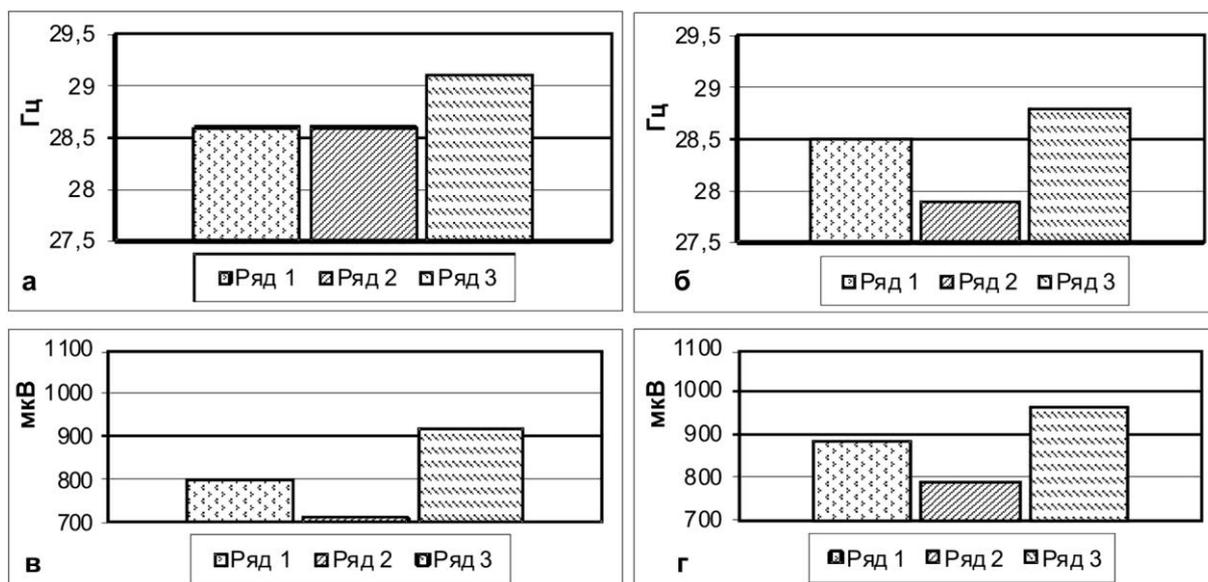


Рис. 3. Средняя частота (а – слева, б – справа), амплитуда (в – слева, г – справа) ЭМГ *m. erector spinae* при изотоническом поддержании 50 % от максимальной силы произвольного сокращения, развиваемого мышцей в течение 30 сек. у больных сколиозом I–II ст. Ряд 1 – лица с низкой, ряд 2 – лица со средней и ряд 3 – лица с высокой пластичностью ЦНС

Исследования отношения высокой к низкой частоте ЭМГ показали недостоверные отклонения значений у лиц с высокой пластичностью ЦНС относительно лиц со средней пластичностью ЦНС при 30 сек. напряжении мышц спины. В то же время сохраняется установленная закономерность: величина отношения высокой к низкой частоте самая значительная у лиц с высокой пластичностью ЦНС и самая низкая – со средней пластичностью ЦНС (рис. 4, а, б; см. табл. 1).

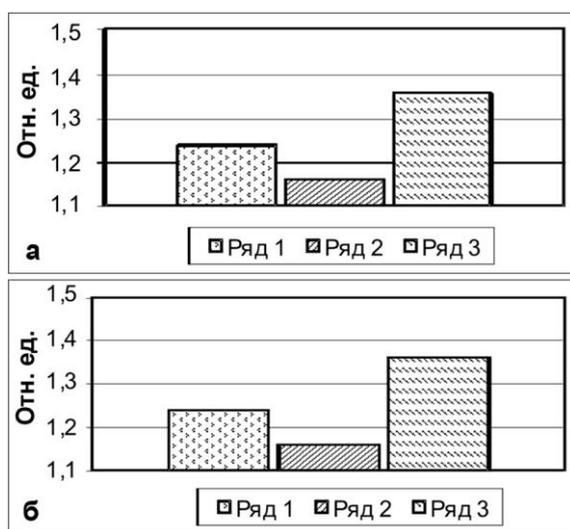


Рис. 4. Отношение высокой частоты к низкой ЭМГ *m. erector spinae* при изотоническом поддержании 50 % от максимальной силы произвольного сокращения, развиваемого мышцей в течение 30 сек. у больных сколиозом I–II ст. (а – слева, б – справа). Ряд 1 – лица с низкой, ряд 2 – лица со средней и ряд 3 – лица с высокой пластичностью ЦНС

Исследование мощности ЭМГ *m. erector spinae* при изотоническом поддержании 50 % от максимальной силы произвольного сокращения, развиваемого мышцей в течение 30 сек. у больных сколиозом I–II степени, показало, что у лиц с высокой

пластичностью нейродинамических процессов ЦНС регистрируется максимальная электрическая активность ЭМГ (741 ± 121 мкВ) и у лиц со средней пластичностью ЦНС с вогнутой стороны позвоночника – минимальная ЭМГ (577 ± 143 мкВ). С выпуклой стороны позвоночника эта закономерность повторяется соответственно 765 ± 133 мкВ, 660 ± 69 мкВ. Установлено, что электрическая активность значительно коррелирует с мышечным усилием, достигая до 0,98, и может использоваться для оценки мышечного усилия [9].

При исследованиях частоты ЭМГ *m. erector spinae* обращают на себя внимание низкие колебания параметра между группами (несмотря на это, различия между группой с высокой и средней пластичностью сохраняются) и сохраняется закономерность – самая высокая частота ЭМГ у лиц с высокой пластичностью ЦНС и самая низкая частота ЭМГ у лиц со средней пластичностью ЦНС. У лиц с высокой пластичностью ЦНС при выполнении двигательного акта вовлекается в активность большее число ДЕ по сравнению с другими группами (см. рис. 3, а, б; см. табл. 1).

Амплитуда ЭМГ мышц спины отличается своей вариабельностью. Анализ показал значительные различия амплитуды между группами. Самая высокая средняя амплитуда ЭМГ *m. erector spinae* (слева 917 ± 106 мкВ, справа 961 ± 105 мкВ) при 30 сек. мышечном напряжении была зарегистрирована в группе с высокой пластичностью ЦНС и самая низкая (слева 711 ± 85 мкВ, справа 789 ± 91 мкВ) – со средней пластичностью. Существенной разницы средних значений амплитуды ЭМГ между вогнутой и выпуклой стороной позвоночника не наблюдается. Остается неизменной градация амплитуды по величине ЭМГ: самая высокая в группе с высокой пластичностью ЦНС и низкая в группе со средней пластичностью (рис. 3, в, г; табл. 1).

Амплитуда поверхностной ЭМГ может зависеть от плотности мышечных волокон, длительности потенциала ДЕ [1], от их диаметра [10], синхронизации ДЕ. Синхронизация ДЕ больше отражает процессы утомления при длительном изотоническом сокращении мышц [9].

Динамика отношения высоких частот ЭМГ к низким, относящихся к разрядам фазических и тонических мышечных волокон, позволяет оценить морфофункциональную реорганизацию ДЕ [10]. В данном случае она также отражает миодистрофические изменения в мышцах, вызванные сколиотической болезнью. В результате проведенных исследований было установлено, что количество быстрых мышечных волокон достоверно больше в группе с высокой пластичностью ЦНС (слева – $1,64 \pm 0,13$ Гц, справа – $1,36 \pm 0,13$ Гц) по сравнению с группой со средней пластичностью ЦНС (слева – $1,36 \pm 0,14$ Гц, справа – $1,16 \pm 0,17$ Гц).

Анализ отношения мощности к частоте ЭМГ показал, что максимальное значение было зарегистрировано у лиц с высокой пластичностью нервной системы (слева – $31,5 \pm 4,2$; справа – $33,3 \pm 3,9$) и минимальное у лиц со средней пластичностью (слева – $24,5 \pm 3,1$; справа – $28,3 \pm 3,8$). Мощность ЭМГ зависит как от частоты разряда

ДЕ, так и от амплитуды, отражая суммарную площадь, занимаемую двигательными единицами между электродами. Отношение максимальной мощности к частоте ЭМГ является косвенным показателем суммарной средней величины длительности потенциала ДЕ, входящих в зону регистрации. Увеличение длительности потенциала связано с уменьшением числа мотонейронов и увеличением числа мышечных волокон в каждой ДЕ. Уменьшение длительности потенциала связано с уменьшением количества мышечных волокон в составе ДЕ [1].

В активности двигательных единиц отражена не только её морфоструктура [4], но и структура двигательных команд от всех уровней моторной системы: нисходящих по пирамидному пути (как активность произвольного удержания усилия мышц спины на определенном уровне), нисходящих по экстрапирамидным трактам (как непроизвольное, автоматическое регулирование, направленное на сохранение или поддержание позы) [8, 9, 11, 14]. Поэтому анализ параметров изотонического усилия может дать полное представление об интегральной активности в моторной коре и подкорковых структурах, особенно при патологических состояниях [4, 6].

ВЫВОДЫ

1. Исследование мощности ЭМГ *m. erector spinae* при изотоническом поддержании 50 % от максимальной силы произвольного сокращения, развиваемого с вогнутой и выпуклой стороны позвоночника мышцей в течение 30 сек. у больных сколиозом I-II степени, показало, что у лиц с высокой пластичностью нейродинамических процессов ЦНС регистрируется максимальная электрическая активность и у лиц со средней пластичностью ЦНС – минимальная.

2. Зарегистрированы низкие колебания средней частоты ЭМГ между группами с сохранением закономерности: самая высокая частота ЭМГ у лиц с высокой пластичностью ЦНС и самая низкая частота ЭМГ у лиц со средней пластичностью. У лиц с высокой пластичностью при выполнении двигательного акта вовлекается в активность большее число ДЕ по сравнению с другими группами.

3. Амплитуда ЭМГ мышц спины отличается своей вариабельностью. Самая высокая средняя амплитуда ЭМГ *m. erector spinae* при 30 сек.

мышечном напряжении была зарегистрирована в группе с высокой пластичностью ЦНС и самая низкая – со средней пластичностью. Остается неизменной градация амплитуды по величине ЭМГ: самая высокая в группе с высокой пластичностью ЦНС и низкая в группе со средней пластичностью.

4. В результате проведенных исследований было установлено, что количество быстрых мышечных волокон достоверно больше в группе с высокой пластичностью по сравнению с группой со средней пластичностью.

5. Анализ отношения мощности к частоте показал, что максимальное значение было зарегистрировано у лиц с высокой пластичностью нервной системы и минимальное у лиц со средней пластичностью. Увеличение длительности связано с уменьшением числа мотонейронов и увеличением числа мышечных волокон в каждой ДЕ. Уменьшение длительности связано с уменьшением количества мышечных волокон в составе ДЕ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электромиография в диагностике нервно-мышечных заболеваний / Б. М. Гехт [и др.]. Таганрог : Изд-во Таганрог. гос. радиотехн. ун-та, 1997. 369 с.
2. Характеристики кардиоинтервалограммы у студентов младших курсов КРСУ с различными типами электроэнцефалограммы / В. П. Ильичев [и др.] // Вестн. КРСУ. 2003. № 7. С. 34–40.
3. Сороко С. И., Бекшаев С. С., Сидоров Ю. А. Основные механизмы саморегуляции мозга. Л. : Наука, 1990. 205 с.
4. Романов С. П., Алексанян З. А., Лысков Е. Б. Характеристики возрастной динамики активности моторной системы человека // Физиология человека. 2007. Т. 33, № 4. С. 82–94.

5. Шеповальников В. Н., Сороко С. И. Метеочувствительность человека. Бишкек, 1992. 210 с.
6. Эвартс Э. Механизмы головного мозга, управляющие движениями // Мозг / под ред. П. В. Симонова. М. : Мир, 1982. С. 199-217.
7. Human e.m.g. and motoneuron discharge rates during sustained submaximal contractions / B. Bigland-Ritchie [et al.] // J. Physiol. 1986. Vol. 371. P. 54–59.
8. Enoka R. M., Fuglevand A. J. Motor unit physiology : some unresolved issues // Muscle Nerve. 2001. Vol. 24, No 1. P. 4–11.
9. Hooper S. L. Movement control : dedicated or distributed? // Curr. Biol. 2005. Vol. 15, No 21. P. R878–R884.
10. Fortier P. A. Use of spike triggered averaging of muscle activity to quantify inputs to motoneuron pools // J. Neurophysiol. 1994. Vol. 72, No 1. P. 248–265.
11. Motoneuron and sensory neuron plasticity to varying neuromuscular activity levels / A. Ishihara [et al.] // Exerc. Sport Sci. Rev. 2003. Vol. 31, No 1. P. 51–63.
12. 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. 55–61.
13. Nandekar S. D, Barkhaus P. E., Charles A. Multi-motor unit action potential analysis (MMA) // Muscle Nerve. 1995. Vol. 18, No 10. P. 1155–1166.
14. Stuart D. G. Integration of posture and movement : Contributions of Sherrington. Hess and Bernstein // Hum. Mov. Sci. 2005. Vol. 24, No 5–6. P. 621–628.

Рукопись поступила 02.06.08.

Сведения об авторах:

1. Бутуханов В.В. – ГУ НЦРВХ ВСНЦ СО РАМН, г. Иркутск;
2. Арсентьева Н.И. – ГУ НЦРВХ ВСНЦ СО РАМН, г. Иркутск;
3. Неретина Е.В. – ГУ НЦРВХ ВСНЦ СО РАМН, г. Иркутск.

Памяти Илизарова

...Когда я встретил Илизарова и увидел, как он работает, то был поражен и восторжен, как перед открытием: испытал то же ощущение, которое хорошо знал, когда достигал вершину. С безразличием, ведь на вершине никого нет, ставил я лишь символическое знамя, здесь же я кого-то нашел, открыл человеческую вершину. Я подумал, что Илизаров не должен оставаться уединенным в России...опыт его должен передаваться во всем мире и, прежде всего, в Италии. Я возложил на себя большие хлопоты и через шесть месяцев мне с помощью профессоров Каттанео и Вилла из больницы Лекко, в конце концов, удалось осуществить эту встречу. Моя задача завершена. **Карло Маури.**

Евгений Долматовский, 22.04.78.

Дорогой Гавриил Абрамович!

От всей души поздравляю Вас с присуждением Вам самой почетной и самой высокой награды – Ленинской премии. У меня перед глазами Ваш трудный и славный путь искателя, открывателя, мечтателя и вдохновенного работника, для которого высшей жизненной целью является избавление людей от недугов и страданий.

Как настоящий сын и герой советского времени, как бесстрашный воин Вы вступили в единоборство с самой природой, перехитрили ее, сделав своим союзником.

Мне, как поэту, все, что Вы творите, особенно дорого потому, что работа Ваша – сплошная и подлинная поэзия, честное слово!

Я знаю, что Ленинская премия для Вас – поощрение в пути, радость в движении, что Вы полны замыслов и открытий.

В дни Вашего праздника примите мое восхищение!

Всегда Ваш Евг. Долматовский.

Я много слышал о его методе (Илизарова), я приехал испить из этого источника великого учителя из Кургана. Какой великий учитель! Какой великий человек! Этот человек служил во благо себе подобных и оставил огромное наследие для ортопедов всего мира, для людей всего мира. Пусть будут благословенными все его деяния и процветают плоды трудов его в веках. **Профессор Мухамед Хабиб Си. Дакар Сенегал. 26.10.04.**
