

А.П. Шейн, Г.А. Криворучко, А.А. Скрипников

## ВЗАИМОСВЯЗЬ РАЗЛИЧНЫХ ЭНМГ-ПРИЗНАКОВ СПАСТИКО-ПАРЕТИЧЕСКОГО СИНДРОМА У ПАЦИЕНТОВ С ЦЕНТРАЛЬНЫМ ГЕМИПАРЕЗОМ

Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. академика Г.А. Илизарова Минздравсоцразвития России (Курган)

Цель работы состояла в оценке взаимосвязи между различными электронейромиографическими характеристиками спастико-паретического синдрома у больных с центральным гемипарезом различного генеза (последствие инсульта или травмы головного мозга). Комплексному нейрофизиологическому тестированию, основанному на сочетании методов глобальной и стимуляционной (Н-рефлексы, М-ответы, транскраниально вызванные потенциалы, полисинаптические ответы) электронейромиографии, подвергнуто 70 пациентов (53 – мужского, 17 – женского пола) в возрасте от 13 до 64 лет с клиническими признаками спастического гемипареза (последствие инсульта и черепно-мозговой травмы). Показано, что все использованные в работе ЭНМГ-показатели являются взаимодополняющими. Наиболее информативным параметром полисинаптического ответа *m. tibialis anterior* на короткосерийную стимуляцию *n. plantaris* (электрофизиологический аналог рефлекса Бабинского) является его длительность.

**Ключевые слова:** инсульт, черепно-мозговая травма, спастичность, электронейромиография

## RELATIONSHIP BETWEEN DIFFERENT ELECTRONEUROMYOGRAPHICAL CHARACTERISTICS OF SPASTICITY-PARETIC SYNDROME IN PATIENTS WITH A CENTRAL HEMIPARESIS

A.P. Sheyin, G.A. Krivoruchko, A.A. Skripnikov

Russian Scientific Center “Restorative Traumatology and Orthopedics” named after acad. G.A. Ilizarov, Kurgan

The purpose of this work was to assess the relationship between different electroneuromyographical characteristics of spasticity-paretic syndrome in patients with a central hemiparesis of different genesis (stroke consequence or brain injury). Of the integrated neurophysiological testing, based on a combination of global and stimulation (H-reflex, M-responses, transcranial evoked potentials, electro-physiological analogue of the Babinski reflex) EMG, subjected 70 patients (53 – male and 17 – female) aged 13 to 64 years with clinical-signs with spastic hemiparesis (stroke and craniocerebral trauma). It is shown that all of those work ENMG-indicators are complementary. The most informative parameter of the polysynaptic response *m. tibialis anterior* on short serial stimulation of *n. plantaris* (electrophysiological analog Babinski reflex) is the duration.

**Key words:** stroke, cranial trauma, spasticity, electroneuromyography

Существующий на сегодняшний день комплекс нейрофизиологических методов и критериев оценки выраженности спастичности у пациентов с последствиями травм и заболеваний головного и спинного мозга не является устоявшимся и нуждается в дальнейших уточнениях и дополнениях [8]. Следует подчеркнуть, что нейрофизиологические тесты позволяют объективизировать клинические проявления спастико-паретического синдрома. В частности, с помощью глобальной ЭМГ можно определить выраженность моторного дефицита, а также дифференцировать спастичность от ригидности и других вариантов патологического увеличения мышечного тонуса. Увеличение относительных величин Н-рефлексов и снижение их порогов [1], а также увеличение амплитуды и частоты выявления F-волн [10] также характерно для спастико-паретического синдрома. Данные транскраниальной магнитной стимуляции различных структур головного мозга оказались полезными для оценки степени и уточнения локализации поражения моторной коры и пирамидных трактов. Одним из наиболее надежных клинических признаков спастичности является наличие рефлекса

Бабинского [4], относящегося к категории полисинаптических. Нейрофизиологический анализ этого рефлекса показал, что характеристики вызванной биоэлектрической активности *m. extensor digitorum longus*, возникающей при штриховом раздражении латерального края подошвенной поверхности стопы у пациентов с повреждением шейного и грудного отделов позвоночника и спинного мозга существенно зависят от особенностей применяемой механостимуляции (интенсивности и скорости нанесения штрихового стимула) [9]. В отдельных работах [7, 11] у пациентов с пирамидной недостаточностью различного генеза, характеризующейся наличием рефлекса Бабинского, отмечено возникновение полисинаптического ответа *m. tibialis anterior* в ответ на стимуляцию дистальных ветвей *n. suralis* и *n. tibialis*, что позволяет, на наш взгляд, ввести модифицированный вариант этой методики в комплекс нейрофизиологических тестов, ориентированных на выявление и количественную оценку спастичности.

Цель настоящей работы состояла в оценке взаимосвязи между различными ЭНМГ-характеристиками спастико-паретического син-

дрома у больных с центральным гемипарезом различного генеза (последствие инсульта или травмы головного мозга).

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Комплексному нейрофизиологическому тестированию [5], основанному на сочетании методов глобальной и стимуляционной электронейромиографии, подвергнуто 70 пациентов (53 — мужского, 17 — женского пола) в возрасте от 13 до 64 ( $45 \pm 2$ ) лет с клиническими признаками спастического гемипареза. Распределение выборки по этиологии заболевания: 60 — последствие острого нарушения мозгового кровообращения в бассейне средней мозговой артерии (ишемический инсульт — 50, геморрагический — 10), 10 — последствие черепно-мозговой травмы. Давность заболевания — от 8 месяцев до 4 лет.

Анализировались следующие признаки: амплитуда транскраниально вызванного потенциала *m. tibialis anterior* ( $A_{ТВП}$ ; % от амплитуды М-ответа); амплитуда максимальных Н-рефлексов *m. gastrocnemius* (ср. lat.) и *m. soleus* ( $A_{НГ}$  и  $A_{НС}$ ; % от соответствующих М-ответов); цереброспинальный индекс [5] — отношение средней амплитуды суммарной ЭМГ *m. tibialis anterior*, рассчитываемой по программе MVA (Mean Rectified Voltage) в условиях выполнения теста «максимальное произвольное напряжение» к амплитуде М-ответа (ЦСИ; % от амплитуды М-ответа); максимальная амплитуда ( $A_{ПСО}$ ; % от М-ответа) латентность ( $L_{ПСО}$ ; мс), и длительность ( $T_{ПСО}$ ; мс) полисинаптических ответов (ПСО) *m. tibialis anterior*, регистрируемых в условиях короткосерийной стимуляции *n. plantaris* в области медиальной лодыжки (на рис. 1 приведена схема авторской модификации методики регистрации и анализа ПСО). В связи с нестабильностью ПСО, учитывались средние величины  $A_{ПСО}$ ,  $L_{ПСО}$  и  $T_{ПСО}$ , рассчитанные по 3–5 пробам. Во всех случаях тестировались как пораженная (ПК), так и контралатеральная (КК) конечности. Использовалась 4-канальная цифровая ЭМГ/ВП-система «Viking-4» (Nicolet, США), совмещенная с магнитоимпульсным стимулятором Quadropuls-500 (Magstim, Великобритания). Для стимуляции моторной коры применялся двойной угловой индуктор, что позволило с высокой надежностью регистрировать транскраниально вызванные потенциалы в отведениях от мышц нижних конечностей. В качестве контроля использованы объединенные (левая + правая конечности) данные 32 здоровых испытуемых (17 мужчин и 15 женщин) в возрасте от 15 до 26 лет. Статистическая обработка данных производилась с помощью пакета анализа данных Microsoft EXCEL-2003, дополнительно программами непараметрической статистики и оценки нормальности распределения [9]. Для оценки достоверности различия сопоставляемых выборок показателей использованы t-критерий Стьюдента и непараметрический критерий Вилкоксона. Взаимосвязь признаков оценивалась с помощью коэффициентов корреляции Пирсона.

Принятый уровень статистической значимости выводов — 0,05.



Рис. 1. Схема регистрации полисинаптического ответа (ПСО) *m. tibialis anterior* в условиях короткосерийной стимуляции *n. plantaris*.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 представлена предложенная нами модификация регистрации длиннolatентных (полисинаптических) ответов *m. tibialis anterior*, основанная на применении короткосерийной стимуляции *n. plantaris* (длительность одиночного стимула — 1 мс, интенсивность — двойной моторный порог, число импульсов в серии — 10, частота — 20 Гц, интервал между сериями — не менее 5 с), имитирующей механическое (штриховое) раздражение подошвенной поверхности стопы. Способ отведения ПСО — биполярный с фиксированным межэлектродным расстоянием (1 см). Показано, что у здоровых взрослых испытуемых вызываемый подобным способом ПСО отсутствует и возникает лишь у пациентов со спастико-паретическим синдромом различного генеза. Во всех случаях регистрации ПСО у обследованных нами пациентов совпадала с наличием ипсилатерально вызванного «классическим» способом рефлекса Бабинского. У пациентов анализируемой выборки ПСО зарегистрирован в 100 % случаев на стороне гемипареза (ПК) и в 34,3 % (24) на контралатеральной конечности (КК). Учитывая это обстоятельство, при проведении статистического анализа мы сочли целесообразным разделить данные КК на две подгруппы (КК-1 — наличие ПСО, КК-2 — отсутствие ПСО) и проанализировать эти выборки независимо друг от друга.

Из рисунка 1 видно, что ПСО на пораженной конечности представляет собой веретенообразную вспышку биоэлектрической активности в *m. tibialis anterior*, возникающую со средней латентностью  $198 \pm 13$  мс (см. табл. 1). Амплитуда зарегистрированных на стороне гемипареза ПСО составила  $6,5 \pm 0,6$  % от амплитуды ипсилатеральных М-ответов *m. tibialis anterior*, а длительность —  $868 \pm 88$  мс, что в 1,5 больше ( $p < 0,01$ ) соответствующего показателя на контралатеральной конечности (КК-1). Статистически значимых различий между выборками КК-1 и КК-2 по показателям  $A_{ПСО}$  и  $L_{ПСО}$  не выявлено. В большинстве записей ПСО просле-

живается отчетливая треморообразная структура. У больных с выраженной спастичностью отмечен феномен посттетанической потенциации ПСО, состоящий в снижении  $L_{\text{ПСО}}$ , а также увеличении  $A_{\text{ПСО}}$  и  $T_{\text{ПСО}}$  каждого последующего (в серии проб) рефлекторного ответа (см. рис. 2). Увеличение интервала между сериями стимулов до 10–15 секунд в большинстве случаев компенсировало проявление феномена потенциации ПСО.

Из таблицы 1 следует, что показатель ЦСИ, характеризующий предел возможностей пирамидных структур к произвольной активации максимального числа двигательных единиц (ДЕ) *m. tibialis anterior* до уровня предельно возможной частоты их разрядов, оказался на стороне гемипареза в 3,7 ниже ( $p < 0,001$ ) контрольных величин (здоровые испытуемые), а также в 2,9 (КК-1;  $p < 0,001$ ) и 2,5 (КК-2;  $p < 0,001$ ) раза ниже соответствующих по-

казателей контралатеральной конечности. Статистически значимых различий между ЦСИ, рассчитанных для выборок КК-1 и КК-2 не выявлено. Из приведенных в таблице 1 средних значений ЦСИ также следует, что данные контралатеральной конечности заметно ниже контрольных величин, как в отношении группы показателей КК-1 ( $p > 0,05$ ), так и КК-2 ( $p < 0,01$ ).

Среднее значение амплитуды транскраниально вызванного потенциала ( $A_{\text{ТВП}}$ ) *m. tibialis anterior* на пораженной конечности, свидетельствующее о степени сохранности функций соответствующего фрагмента моторной коры и соответствующей фракции пирамидных путей, также оказалось сниженным и составило по отношению к контрольным величинам (здоровые испытуемые), а также к данным КК-1 и КК-2 соответственно 59,5% ( $p < 0,001$ ), 58,8% ( $p < 0,01$ ) и 52,8% ( $p < 0,05$ ). Не выявлено

**Таблица 1**  
Средние величины ( $M \pm m$ ) анализируемых ЭМГ-показателей мышц нижних конечностей больных со спастическими гемипарезами

Показатели	Контроль (n = 64)	Пораженная конечность (n = 70)	Контралатеральная конечность	
			КК-1 (n = 24)	КК-2 (n = 46)
ЦСИ (%)	9,4 ± 0,8	2,6 ± 0,3 к*#	7,7 ± 0,9	6,4 ± 0,5 к
$A_{\text{ТВП}}$ (%)	59,0 ± 3,0	35,1 ± 4,3 к*#	59,7 ± 6,9	66,5 ± 4,3
$A_{\text{НГ}}$ (%)	22,7 ± 1,3	33,9 ± 2,0 к*#	19,3 ± 2,6	18,5 ± 2,0
$A_{\text{НС}}$ (%)	34,0 ± 1,8	43,8 ± 2,3 к*#	27,6 ± 3,4	26,4 ± 2,3 к
$A_{\text{ПСО}}$ (%)	–	6,5 ± 0,6	5,0 ± 0,7	–
$L_{\text{ПСО}}$ (мс)	–	198 ± 13	227 ± 24	–
$T_{\text{ПСО}}$ (мс)	–	868 ± 88 *	562 ± 50	–

Примечание: n – количество обследованных испытуемых; «к» – статистически значимое ( $p < 0,05$ ) отличие показателя от контроля; \* – от КК-1; # – от КК-2.

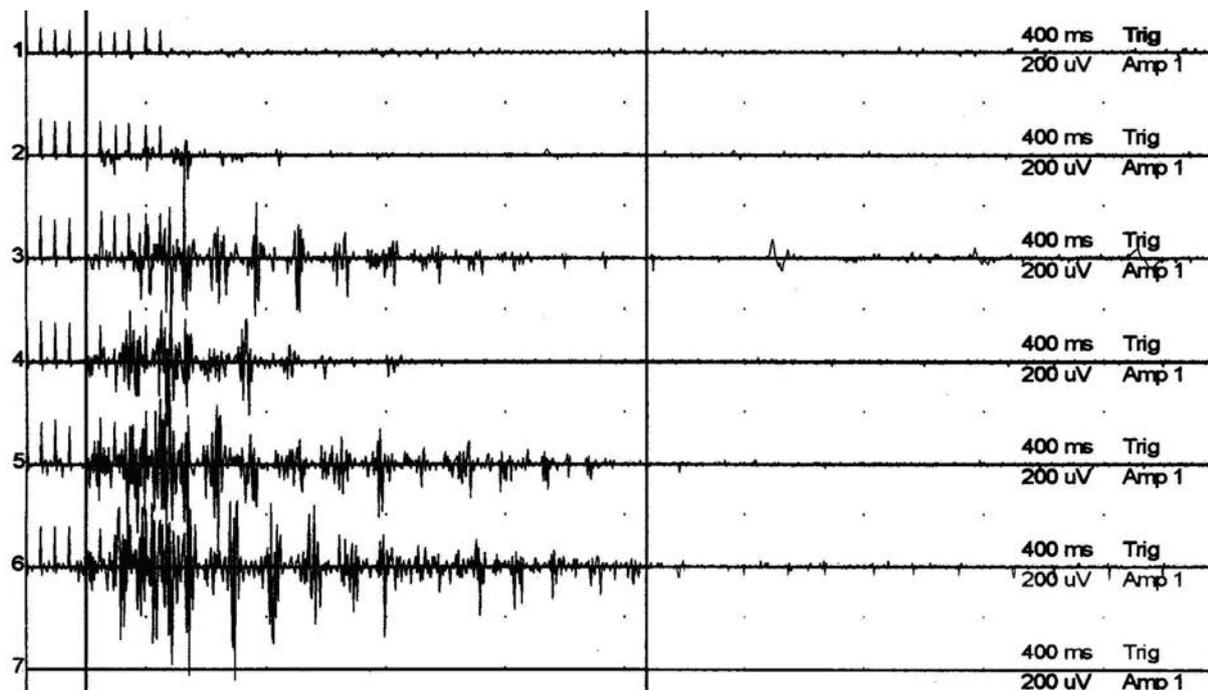


Рис. 2. Посттетаническая потенция полисинаптического ответа (ПСО) *m. tibialis anterior*.

существенных различий между выборками  $A_{ТВП}$  КК-1 и КК-2, а также между  $A_{ТВП}$  КК-1 и КК-2 и  $A_{ТВП}$  здоровых испытуемых.

Относительные (выраженные в % от амплитуды М-ответов) величины Н-рефлексов *m. gastrocnemius* (ср. lat.) ( $A_{НС}$ ), характеризующие степень сохранности функции фонового пресинаптического торможения 1а-афферентов моносинаптических рефлекторных дуг, на стороне гемипареза превышали контрольные величины (здоровые испытуемые) в 1,5 раза ( $p < 0,001$ ), а данные контралатеральной конечности (КК-1 и КК-2) соответственно в 1,7 ( $p < 0,001$ ) и 1,8 ( $p < 0,05$ ) раза. Сходное по характеру межгрупповое распределение усредненных значений показателя наблюдалось и в отношении амплитуды Н-рефлекса *m. soleus* ( $A_{НС}$ ). Целесообразно отметить, что  $A_{НС}$ , относящиеся к КК-1, КК-2 и группе контроля (здоровые испытуемые), отличаются друг от друга несущественно, тогда как значения  $A_{НС}$ , относящиеся к КК-2, оказались заметно ниже контрольных величин  $A_{НС}$  ( $p < 0,01$ ). Последнее связывается с высокой индивидуальной вариативностью указанного показателя в различных популяциях здоровых испытуемых [1, 3] и, в частности, объясняется генетически предопределенными особенностями морфофункционального состава одноименных мышц, используемых в качестве индикатора Н-рефлекса.

В результате анализа взаимосвязи между использованными нами характеристик спастико-паретического синдрома установлено, что из трех признаков, которыми описываются полисинаптические ответы *m. tibialis anterior*, наиболее информативным является его длительность ( $T_{ПСО}$ ), обратно коррелирующая на стороне гемипареза (ПК) с амплитудой ТВП ( $A_{ТВП}$ ) и цереброспинальным индексом (ЦСИ). Соответствующие коэффициенты корреляции составили  $-0,378$  ( $p < 0,01$ ) и  $-0,291$  ( $p < 0,05$ ).

По данным анализа объединенной выборки (ПК + КК) пар признаков выявлена отрицательная взаимосвязь между относительными величинами Н-рефлексов *m. soleus* ( $A_{НС}$ ) и цереброспинальным индексом (ЦСИ) ( $R = -0,312$ ;  $p < 0,001$ ). Взаимосвязь показателей  $A_{НС}$  и ЦСИ носила тот же характер, но оказалась несколько менее выраженной ( $R = -0,191$ ;  $p < 0,05$ ).

Наиболее отчетливая положительная взаимосвязь обнаружена между амплитудой транскраниально вызванного потенциала *m. tibialis anterior* ( $A_{ТВП}$ ) и ее цереброспинальным индексом (ЦСИ) (см. рис. 3). По данным объединенной выборки пар признаков (ПК + КК) коэффициент корреляции составил  $0,523$  ( $p < 0,001$ ), что достаточно убедительно подчеркивает общность анатомо-функциональных структур и механизмов, посредством которых реализуется функциональная проба «максимальное произвольное напряжение» и мышечная активность, индуцированная магнитной стимуляцией двигательной коры головного мозга.

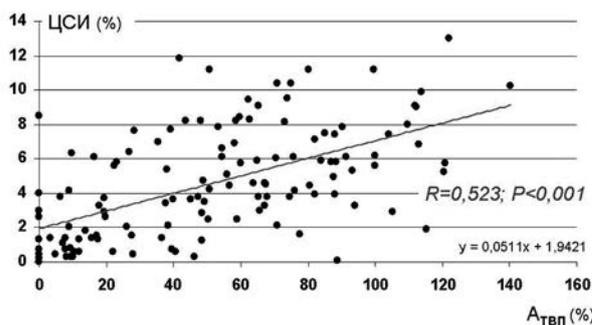


Рис. 3. Взаимосвязь между амплитудой транскраниально вызванного потенциала *m. tibialis anterior* ( $A_{ТВП}$ ) и цереброспинальным индексом (ЦСИ).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о том, что использованные нами признаки, характеризующие наличие и выраженность спастико-паретического синдрома у больных с последствиями травм и инсульта головного мозга, являются взаимодополняющими и в совокупности определяют надежность вывода о состоянии тестируемой функциональной системы и изменении этого состояния под влиянием различных факторов. Что касается предложенной нами методики регистрации и анализа полисинаптического ответа *m. tibialis anterior*, возникающего в условиях короткосерийной стимуляции *n. plantaris* и являющегося в определенной степени аналогом рефлекса Бабинского (в некоторых работах [6] подчеркивается несоответствие между электрическим и механическим способами стимуляции), то ее использование, на наш взгляд, существенно уточняет и дополняет общую картину пирамидной недостаточности, объективизируя присутствие фактора гиперрефлексии в описании клинико-нейрофизиологического статуса пациента.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Байкушев С., Манович З.Х., Новикова В.П. Стимуляционная электромиография и электронейромиография в клинике нервных болезней. — М.: Медицина, 1974. — 144 с.
2. Гайдышев И.П. Решение научных и инженерных задач средствами Excel, VBA и C/C++ + . — СПб.: ВХВ-Петербург, 2004. — 512 с.
3. Команцев В.Н., Заболотных В.А. Методические основы клинической электромиографии. Руководство для врачей. — СПб.: Лань, 2001. — 349 с.
4. Скоромец А.А., Скоромец Т.А. Топическая диагностика заболеваний нервной системы: Руководство для врачей. — СПб.: Политехника, 1996. — 320 с.
5. Шевцов В.И., Шеин А.П., Худяев А.Т., Криворучко Г.А. и др. Клинико-нейрофизиологические характеристики реактивности моторной коры головного мозга в условиях пролонгированной краниостеопластики // Вестник РАМН. — 2002. — № 3. — С. 27 — 40.

6. Gijn J.V. Babinski response: stimulus and effector // J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry. — 1975. — Vol. 38, N 2. — P. 180—186.

7. Kagamihara Y., Masakado Y. Reflex responses from the sural nerve to tibialis anterior muscle in hemiplegic patients: the relation between the responses and Babinski sign // No To Shinkei. 2005. — Vol. 57, N 11. — P. 983—989.

8. Matsumoto H., Ugawa Y. Clinical signs, neurophysiological evaluation, and medication of spasticity: review // Brain Nerve. — 2008. — Vol. 60, N 12. — P.1409—1414.

9. Roby-Brami A., Ghenassia J.R., Bussel B. Electrophysiological study of the Babinski sign in paraplegic patients // J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry. — 1989. — Vol. 52, N 12. — P. 1390—1397.

10. Udby Blicher J., Nielsen J.F. Evidence of increased motoneuron excitability in stroke patients without clinical spasticity // Neurorehabil. Neural. Repair. — 2009. — Vol. 23. — № 8. — P. 870.

11. Uysal H., Bahşi Y.Z., Yurdakul M. Babinski reflex by sural stimulation and dysfunction of descending motor pathway // Electromyogr. Clin. Neurophysiol. — 1999. — Vol. 39, N 6. — P. 361—366.

#### Сведения об авторах

**Шеин Александр Порфирьевич** — д.м.н., профессор, заведующий лабораторией физиологии движений и нейрофизиологии РНЦ «ВТО» им. академика Г.А. Илизарова Минздравсоцразвития России (640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, 6; тел.: 8(3522) 45-47-47; e-mail: office@ilizarov.ru)

**Криворучко Галина Алексеевна** — старший научный сотрудник лаборатории физиологии движений и нейрофизиологии (640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, 6; тел.: 8(3522) 45-47-47; e-mail: office@ilizarov.ru)

**Скрипников Александр Анатольевич** — к.м.н., научный сотрудник лаборатории физиологии движений и нейрофизиологии (640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, 6; тел.: 8(3522) 45-47-47; e-mail: office@ilizarov.ru)