

ДЕКРЕМЕНТ-ТЕСТ КАК МЕТОД ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

М.А. Тюнин¹, В.А. Мацейчик², Н.С. Ильинский^{1,*},
И.В. Старшова¹, Е.Ю. Ижорская¹

¹ ФГБУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт
военной медицины» Минобороны России
195043, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Лесопарковая, 4

² Департамент науки и инновационного развития Минздрава России
127994, Российская Федерация, Москва, Рахмановский пер., 3

Представлено сравнительное описание типичных электромиографических паттернов нарушений нервно-мышечной передачи на фоне введения различных холинэргических средств. Результаты исследования пригодны для моделирования патологии периферической нервной системы и проведения доклинических исследований в области нейрофармакологии и нейротоксикологии.

Ключевые слова: ритмическая стимуляция, нервно-мышечная передача, нейротоксичность

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Тюнин М.А., Мацейчик В.А., Ильинский Н.С., Старшова И.В., Ижорская Е.Ю. Декремент-тест как метод функциональной оценки нервно-мышечной передачи при экспериментальных исследованиях. *Биомедицина*. 2025;21(3):78–81. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-21-3-78-81>

Поступила 14.04.2025

Принята после доработки 11.08.2025

Опубликована 10.09.2025

REPETITIVE NERVE STIMULATION FOR FUNCTIONAL ASSESSMENT OF NEUROMUSCULAR TRANSMISSION IN EXPERIMENTAL STUDIES

Mikhail A. Tyunin¹, Vladimir A. Macejchik², Nikita S. Ilinskiy^{1,*},
Irina V. Starshova¹, Elizaveta Yu. Izhorskaya¹

¹ State Scientific Research Testing Institute of Military Medicine of the Ministry of Defence of Russia
195043, Russian Federation, Saint Petersburg, Lesoparkovaya Str., 4

² Department of Science and Innovative Development of the Ministry of Health Care of Russia
127994, Russian Federation, Moscow, Rakhmanovskiy Lane, 3

This article presents a comparative description of typical electromyographic patterns of neuromuscular transmission disturbances due to effects of various cholinergic agents. The results obtained can be used when modeling pathologies of the peripheral nervous system and conducting preclinical studies in the field of neuropharmacology and neurotoxicology.

Keywords: repetitive nerve stimulation, neuromuscular transmission, neurotoxicity

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Tyunin M.A., Macejchik V.A., Ilinskiy N.S., Starshova I.V., Izhorskaya E.Yu. Repetitive Nerve Stimulation for Functional Assessment of Neuromuscular Transmission in Experimental Studies. *Journal Biomed.* 2025;21(3):78–81. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-21-3-78-81>

Submitted 14.04.2025

Revised 11.08.2025

Published 10.09.2025

Введение

Нервно-мышечный синапс представляет собой легкоуязвимую мишень для множества ксенобиотиков (лекарственных средств, промышленных и биотоксикантов), способных ингибировать активность синаптической ацетилхолинэстеразы (АХЭ) и нарушать функции многочисленных рецепторов [2]. В этих случаях говорят о миастеническом синдроме, ведущим признаком которого, как и при параличах, является снижение мышечной силы и/или патологическая мышечная утомляемость [3]. В связи с известными методическими трудностями исследования мышечной силы у различных видов экспериментальных животных в качестве информативного и клинически релевантного метода объективизации состояния нервно-мышечной передачи (НМП) в рамках доклинических исследований следует рассматривать ритмическую стимуляционную электромиографию (ЭМГ), также известную как декремент-тест.

Цель работы — описать основные ЭМГ-паттерны расстройств НМП при воздействии различных холинергических веществ в экспериментах *in vivo*.

Материалы и методы

Исследования по моделированию нарушений НМП выполняли на беспородных крысах-самцах массой тела 250–280 г в возрасте 3 мес., полученных из питомника лабораторных животных «Рапполово» (Ленинградская обл.). Животных содержали в условиях вивария с соблюдением основных зоогигиенических требований. Нарушения НМП различной степени выра-

женности вызывали путём подкожного введения следующих лекарственных средств: блокатор никотинчувствительных ацетилхолиновых рецепторов (НАХР) панкурония бромид (“Organon Ltd.”, Индия) в дозах 0,28 и 0,4 мг/кг, активатор НАХР суксаметония йодид (АО «Новосибхимфарм», Россия) в дозах 1,2 и 2,0 мг/кг, ингибитор АХЭ неостигмина метилсульфат (Прозерин, АО «Новосибхимфарм», Россия) в дозах 0,11 и 0,42 мг/кг. Для каждого из модельных веществ меньшая доза была определена как средняя эффективная ($ЭД_{50}$) по признаку неспособности выполнения теста подтягивания на перекладине [1], большая доза — как средняя смертельная ($ЛД_{50}$).

Сразу после выявления признаков мышечной слабости выполняли ЭМГ по методике, описанной ранее [1]. По результатам ЭМГ оценивали наличие, характер и степень выраженности феноменов (инкремент, декремент, их сочетания), выявляемых при ритмической стимуляции.

Статистическую обработку результатов проводили методами непараметрической статистики в программе Statistica 10.0. Результаты исследования представляли в виде медианы и межквартильного интервала — Me [Q1; Q3]. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследований

Для АХЭС-индуцированных расстройств НМП была прослежена закономерная дозозависимая динамика ЭМГ-паттернов. Спустя 15 мин после воздействия неостигмина в дозе $ЭД_{50}$ регистрировали повышение амплитуды первого М-ответа в серии на 20,4 [15,4; 24,5]% относительно

фоновых значений. К типичным ЭМГ-феноменам при расстройствах НМП, вызванных снижением активности АХЭ, следует относить при лёгких формах инкремент, а при тяжёлых — декремент-инкремент и/или декремент. Во всех случаях регистрировали угасание (“fading”) повторных М-ответов.

После введения панкурония в дозе ЭД₅₀ было установлено, что уже через 5 мин амплитуда первого М-ответа в серии была увеличена на 8,9 [5,4; 10,5]%, а после введения вещества в дозе ЛД₅₀ выявляли выраженное снижение этого параметра. Максимальные значения декремента были зарегистрированы у всех крыс в период 10–30 мин после введения панкурония в обеих дозах. Примечательной особенностью действия панкурония в обеих дозах было сохранение (или некоторое увеличение) амплитуды второго М-ответа в серии, что отличало его от других веществ.

На фоне введения суксаметония в обеих дозах регистрировали более выраженное снижение амплитуды первого М-ответа в серии (на 40,3 [34,6; 42,1]% от фоновых значений) через 5–30 мин после введения. При стимуляции с частотой 3 Гц декремент выраженностью 18,5 [14,8; 24,8]% регистрировали у 70% крыс, а при частоте

30 Гц — выраженностью 43,6 [25,5; 51,3]% у 100% животных.

Для постсинаптических нарушений НМП, обусловленных недеполяризационной и деполяризационной блокадой НАХР, характерно появление инкремент-декремента и декремента соответственно. Сводные данные о выявленных у крыс ЭМГ-феноменах после введения модельных веществ представлены в таблице.

Выводы

Выявленные в результате исследования закономерности позволяют рассматривать стимуляционную ритмическую электромиографию в качестве дифференциального метода, позволяющего определить как механизм, так и степень выраженности нарушений НМП. В перспективе совершенствование методического аппарата ЭМГ-обследования и накопление знаний об электрофизиологических признаках различных по механизму и степени тяжести нарушений НМП позволит разработать специальные алгоритмы обследования, позволяющие комплексно оценивать функциональное состояние НМП при моделировании патологии периферической нервной системы и проведении доклинических исследований в области нейрофармакологии и нейротоксикологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Ильинский Н.С., Тюнин М.А., Матросова М.О. Методические подходы к оценке паралитического синдрома токсического генеза в экспериментах на грызунах. *Лаб. жив. для научн. исслед.* 2021;(3):70–74. [Ilinskiy N.S., Tyunin M.A., Matrosova M.O. Metodicheskie podhody k ocenke paraliticheskogo sindroma toksicheskogo genesa v eksperimentah na gryzunah [Methodological approaches to the assessment of paralytic syndrome of toxic genesis in experiments of rodents]. *Lab. jyv. dlya nauchn. issled.* [Lab. anim. for sci.]. 2021;(3):70–74. (In Russian)].
2. *Fundamentals of Toxicology. Essential Concepts and Applications.* Ed. By P.K. Gupta. London: Academic Press, 2016:221–244.
3. Harris J.B., Blain P.G. Neurotoxicology: what the neurologist needs to know. *J. of Neurol., Neurosurg. & Psych.* 2004;75:iii29–iii34. DOI: 10/1136/jnnp.2004.046318.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Тюнин Михаил Александрович, к.м.н., ФГБУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины» Минобороны России;
e-mail: gniiivm_7@mil.ru

Mikhail A. Tyunin, Cand. Sci. (Med.), State Scientific Research Testing Institute of Military Medicine of the Ministry of Defence of Russia;
e-mail: gniiivm_7@mil.ru

Мацейчик Владимир Анатольевич, Департамент науки и инновационного развития Минздрава России;
e-mail: gniiivm_7@mil.ru

Vladimir A. Macejchik, Department of Science and Innovative Development of the Ministry of Health Care of Russia;
e-mail: gniiivm_7@mil.ru

Ильинский Никита Сергеевич*, к.м.н., ФГБУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины» Минобороны России;
e-mail: gniiivm_7@mil.ru

Nikita S. Ilinskiy*, Cand. Sci. (Med.), State Scientific Research Testing Institute of Military Medicine of the Ministry of Defence of Russia;
e-mail: gniiivm_7@mil.ru

Старшова Ирина Владимировна, ФГБУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины» Минобороны России;
e-mail: gniiivm_7@mil.ru

Irina V. Starshova, State Scientific Research Testing Institute of Military Medicine of the Ministry of Defence of Russia;
e-mail: gniiivm_7@mil.ru

Ижорская Елизавета Юрьевна, ФГБУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины» Минобороны России;
e-mail: gniiivm_7@mil.ru

Elizaveta Yu. Izhorskaya, State Scientific Research Testing Institute of Military Medicine of the Ministry of Defence of Russia;
e-mail: gniiivm_7@mil.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author