

## Влияние движений в лучезяпстных суставах на Н-рефлекс камбаловидной мышцы и непроизвольные движения ног у человека: исследование в условиях разгрузки конечностей

*Е.О. Блинов<sup>1,2</sup> И.А. Солопова<sup>1</sup> В.А. Селионов<sup>1</sup>*

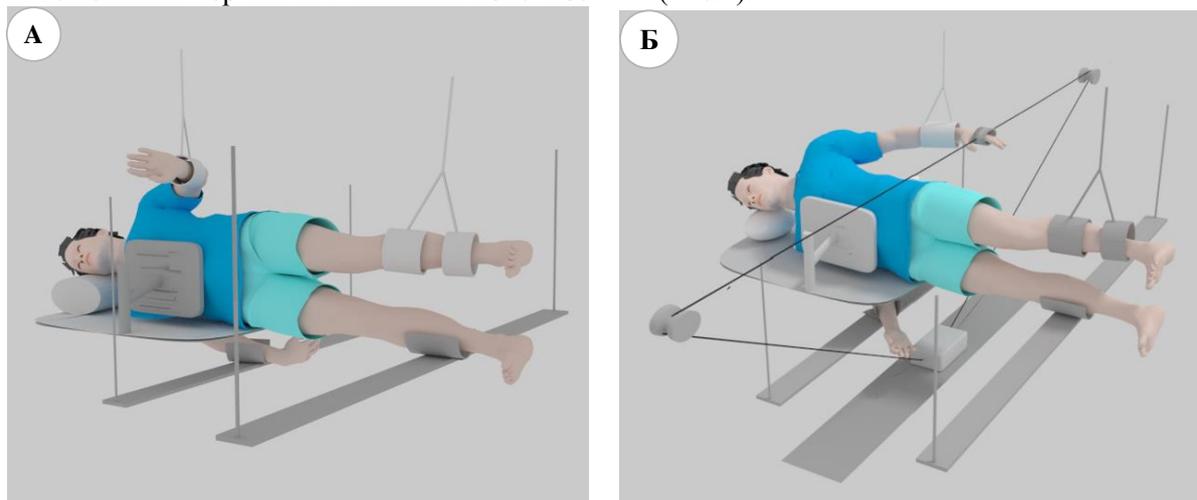
*Д.С. Жванский<sup>1</sup> Ю.П. Иваненко<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича, РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (ГУ), Долгопрудный, Россия

<sup>3</sup>Laboratory of Neuromotor Physiology, Santa Lucia Foundation, Рим, Италия

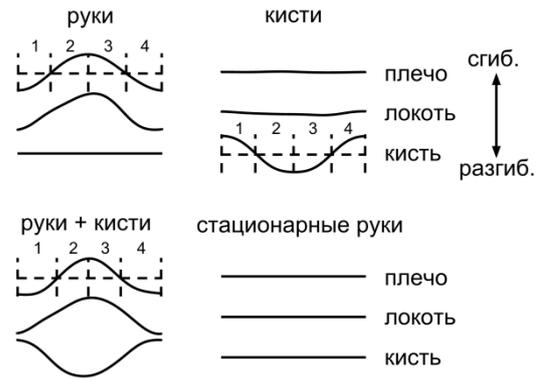
Нейронное взаимодействие между верхними и нижними конечностями при ходьбе человека подтверждается модуляцией межконечностных рефлексов [1] и наличием ритмической активности в проксимальных мышцах рук [2,3]. Вовлечение дистальных мышц рук в ритмогенез подтверждается тем, что их активность синхронизирована с движением ног при выполнении многих двигательных задач (плавание, катание на лыжах, скалолазание, езда на велосипеде и т.п.). В данной работе мы исследовали влияние ритмических движений кистей, отдельно и совместно с движениями в плечевом и локтевом суставах, на Н-рефлекс камбаловидной мышцы в стационарных ногах. В исследовании приняли участие 22 здоровых испытуемых. Для уменьшения влияния гравитации и внешнего сопротивления испытуемые лежали на правом боку с вывешенными верхними и нижними конечностями (Рис.1).



**Рис.1** Экспериментальная установка. **А.** Произвольные ритмические движения рук совместно с движениями в лучезяпстных суставах. **Б.** Ритмические движения только одной левой руки при стационарной нагрузке ~6Н на нее

Эксперимент состоял из трех сессий, проводимых в разные дни. В первой сессии мы исследовали влияние ритмических движений в лучезяпстных суставах на характеристики непроизвольных шагательных движений ног, вызванных непрерывной билатеральной вибрацией их мышц. В этой части эксперимента приняли участие 11 испытуемых, у которых удалось активировать такие непроизвольные ритмические движения ног. При установлении устойчивого режима вызванного шагания испытуемый по команде начинал движения кистей с удобной частотой и амплитудой ( $\sim 90^\circ$ ).

Во второй сессии мы исследовали влияние движения кистей на Н-рефлекс камбаловидной мышцы в стационарных ногах. В этой сессии приняли участие 13 испытуемых. Эксперимент включал 4 условия: стационарные руки, произвольные противофазные движения рук с удобной частотой (без движений в лучезапястных суставах), движения рук + движения кистей (Рис.1А) и только движения кистей. Цикл движения был условно разделен на 4 интервала по амплитуде. Данное разбиение представлено на рисунке 2. Интервалы 1 и 2 соответствовали сгибанию в суставе, а 3 и 4 – разгибанию. Н-рефлекс определялся на каждом из интервалов.

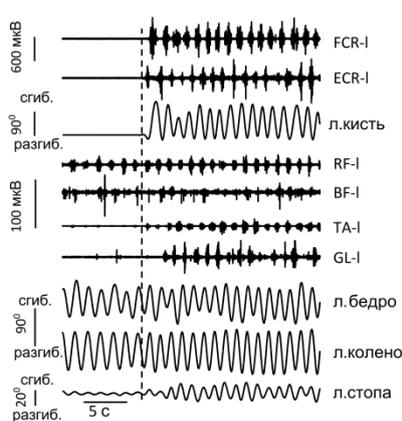


**Рис. 2.** Схема деления гониограммы сустава на интервалы, в которые наносились стимулы. Интервалы 1-2 соответствуют сгибанию в суставе, 3-4 – разгибанию.

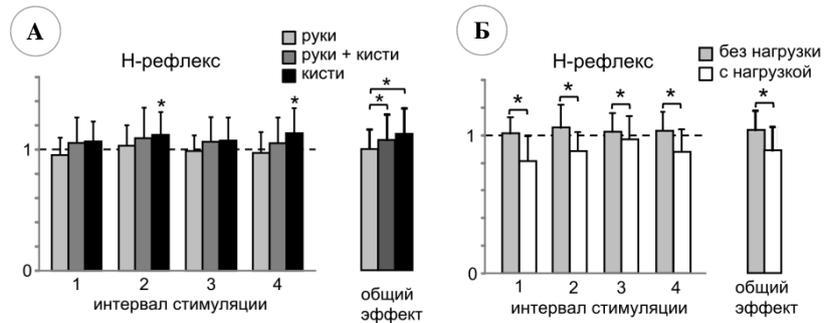
В третьей сессии мы исследовали влияние нагружения мышц руки на Н-рефлекс камбаловидной мышцы в стационарных ногах. В плоскости движений левой руки была приложена стационарная нагрузка ~6Н, которая создавалась с помощью системы блоков и трения скольжения груза по доске (Рис.1Б). Правая рука находилась в покое. Н-рефлекс также определялся на каждом из четырёх интервалов цикла движения левой руки. Те же тринадцать испытуемых приняли участие в этой сессии.

Ритмические движения кистей существенно увеличивали амплитуду произвольных шагательных движений ног (Рис.3), включая движения голеностопного сустава, и Н-рефлекс (Рис.4А). Последний эффект был связан в большей степени с ритмическим движением кистей, чем с дополнительным напряжением мышц верхних конечностей, так как добавление сопротивления движениям рук (без движений в лучезапястном суставе) имело противоположный подавляющий эффект на Н-рефлекс (Рис.4Б). Наши результаты являются дополнительным подтверждением существования связей между дистальными отделами верхних и нижних конечностей на нейронном уровне. Наличие этих связей предполагает, что движения в лучезапястных суставах могут быть важным компонентом двигательной нейрореабилитации.

Работа поддержана грантами РФФИ №15-04-02825 и №16-29-08181



**Рис. 3.** Влияние ритмических движений кистей на параметры произвольных движений ног



**Рис.4.** Усредненные по всем испытуемым Н-рефлексы камбаловидной мышцы (n=13) на четырех интервалах цикла движений. Величины выражены в % от их значений в стационарных условиях. \* - значимые различия между двигательными задачами. **А** - результаты второй экспериментальной сессии, **Б** - результаты третьей экспериментальной сессии.

### Литература

1. E. Paul Zehr, T.S. Barss et al. Neuromechanical interactions between the limbs during human locomotion: an evolutionary perspective with translation to rehabilitation // Exp Brain Res. 2016.
2. J.P. Kutz-Buschbeck, B. Jing. Activity of upper limb muscles during human walking // J Electromyogr Kinesiol. 22. 2012. P. 199–206.
3. M.L. Ballesteros, F. Buchthal, P. Rosenfalck. The pattern of muscular activity during the arm swing of natural walking // Acta Physiol. Scand. 63. 1965. P. 296–310