

---

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ АКАДЕМИЙ НАУК (МААН)  
СОЮЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЩЕСТВ СТРАН СНГ  
ФЕДЕРАЦИЯ ЕВРОПЕЙСКИХ БИОХИМИЧЕСКИХ ОБЩЕСТВ (FEBS)  
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО БИОХИМИКОВ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ БИОЛОГОВ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД  
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ  
ИНСТИТУТ ИММУНОФИЗИОЛОГИИ

---



## II ОБЪЕДИНЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

VI СЪЕЗД ФИЗИОЛОГОВ СНГ

VI СЪЕЗД БИОХИМИКОВ РОССИИ

IX РОССИЙСКИЙ СИМПОЗИУМ «БЕЛКИ И ПЕПТИДЫ»

# НАУЧНЫЕ ТРУДЫ

*Под редакцией*

*Р.И. Сепиашвили, В.А. Ткачука, А.Г. Габимова,  
А.И. Григорьева, В.Т. Иванова, М.А. Островского*

Сочи – Дагомыс, Россия  
1–6 октября 2019

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ *IN VIVO* АРХИТЕКТУРЫ ТРЕХГЛАВОЙ МЫШЦЫ ГОЛЕНИ ЧЕЛОВЕКА: ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ МЫШЕЧНОЙ ФУНКЦИИ. ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Ю.А. Коряк, И.Б. Козловская

ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия

При оценке архитектуры мышц у человека типичным «золотым стандартом» является магнитно-резонансная и компьютерная томография [Rugg et al., 1990; Narici et al., 1998]. Однако эти методы крайне трудоемки. Доступным методом, позволяющим визуализировать структуру мышцы и определять ее изменения, может быть В-режим ультразвуковой эхографии [Fukunaga et al., 1997; Narici et al., 1996]. Согласно сообщениям [Narici, Cerretelli, 1998; Kawakami et al., 2001] метод ультразвукового исследования (УЗИ) является достоверным методом для исследования мышечной архитектуры — длины ( $L_v$ ) и угла ( $\Theta_v$ ) наклона волокон [Rutherford, Jones, 1992; Kawakami et al., 2000]. Метод УЗИ позволяет *in vivo* просмотр мышц количественно определить изменения архитектуры мышцы [Kuno, Fukunaga, 1995; Коряк и др., 2004; Koryak et al., 2010]. Косое направление волокон мышцы, известное как угол наклона, его величина важный показатель функциональных характеристик мышцы [Gans, Bock, 1965; Fukunaga et al. 1997]. Архитектура мышц исследована, главным образом, в опытах, моделирующей микрогравитацию [Maganaris et al., 1998; Коряк и др., 2010] и полностью отсутствуют данные о влиянии реальной микрогравитации. Целью исследования было описать изменения архитектуры медиальной (МИМ), латеральной (ЛИМ) икроножных и камбаловидной (КМ) мышц человека и оценить изменения функций трехглавой мышцы голени (ТМГ) после космического полета (КП). В исследовании участвовал космонавт после более 180 суточного КП. Эксперимент был выполнен в соответствии с Хельсинской Декларацией 2005 г. Максимальная произвольная сила (МПС) ТМГ регистрировалась тендометрическим динамометром [Коряк, 1976]. УЗИ осуществлялось с использованием В-режима линейным датчиком 7.5 МГц и апертурой 60 мм. Определяли  $L_v$ ,  $\Theta_v$  и толщину ТМГ. После КП МПС ТМГ уменьшилась на 26%;  $L_v$  МИМ уменьшилась на 34, ЛИМ на 41, КМ на 33%, а  $\Theta_v$  — на 16, 11, 19%, соответственно. Толщина ТМГ уменьшалась на 43, 47, 46%, соответственно. Уменьшение  $L_v$  и  $\Theta_v$  предполагает потерю последовательно и параллельно расположенных саркомеров, что согласуется с результатами [Narici, Cerretelli, 1998]. Меньшее изменение  $\Theta_v$ , по сравнению с  $L_v$ , даст компенсацию в потере силы, благодаря эффективной передачи силы к сухожилию [Kubo et al., 2001], для поддержания постоянного функциональный диапазон мышцы.

## ВЛИЯНИЕ ЗРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ НА ВОСПРИЯТИЕ ДВИЖЕНИЙ КОНЕЧНОСТЕЙ У ЗДОРОВЫХ ИСПЫТУЕМЫХ И ПАЦИЕНТОВ С ОДНОСТОРОННИМ ПАРЕЗОМ

О.Г. Павлова<sup>1</sup>, В.Ю. Рощин<sup>1,2</sup>, В.А. Селионов<sup>3</sup>, М.В. Сидорова<sup>4</sup>, Е.А. Николаев<sup>5</sup>, С.Е. Хатькова<sup>5</sup>, Г.Е. Иванова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН; <sup>2</sup>ГНЦ — Институт медико-биологических проблем РАН;

<sup>3</sup>Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН; <sup>4</sup>Федеральный центр cerebro-васкулярной патологии Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова; <sup>5</sup>Лечебно-реабилитационный центр МЗ РФ, Москва, Россия

С помощью предложенного нами оригинального метода объективной оценки степени сохранности проприоцептивной чувствительности (ПЧ), основанного на определении точности копирования в отсутствие зрительного контроля серии пассивных односуставных движений тестируемой конечности непосредственно во время их выполнения с помощью движений другой конечности, ранее показано, что здоровые испытуемые точно и практически одновременно копируют пассивные движения, в то время как у постинсультных больных в значительной доле тестов копирование пассивных движений паретичной конечности производится с искажениями. Для подтверждения того, что эти искажения связаны с нарушением ПЧ, а не с ментальными расстройствами или нарушением двигательной функции условно-здоровой конечности, было проведено сравнение точности копирования движений под зрительным контролем и без него у здоровых испытуемых и пациентов с парезами центрального генеза. В группе из 21 здоровых испытуемых (всего 95 тестирований рук: движения в плечевом, локтевом и лучезапястном суставах; 82 тестирований ног: движения в коленном и голеностопном суставах) все копирования с закрытыми глазами соответствовали критерию нормы. Под зрительным контролем в этих тестах критерию нормы не соответствовали 2% тестирований рук и 1% — ног. У 17 больных при тестировании паретичных конечностей (всего 82 тестирований рук и 34 тестирований ног) с закрытыми глазами критерию нормы не соответствовало 44% тестирований рук и 41% — ног, из которых значительная часть характеризовалась наличием грубых качественных искажений при копировании движений. При выполнении копирования под зрительным контролем грубые качественные искажения отсутствовали во всех тестированиях ног и в 89% тестирований рук, и только 14% копирований движений руки и 12% — ноги были недостаточно точны и не соответствовали критерию нормы по количественным показателям. Результаты исследования показали, что у постинсультных пациентов перед проведением обследования состояния ПЧ необходимо выполнять референтное тестирование под зрительным контролем. Полученные при этом значения количественных показателей точности копирования могут приниматься как целевые при мониторинге состояния ПЧ в процессе реабилитации. *Работа частично поддержана грантами РФФИ 19-015-00264 и 16-29-08181.*

## ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ПРОГРАММ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ИХ ТОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ НА ПРИМЕРЕ СТРЕЛБЫ ИЗ ЛУКА

А.Б. Трембач, О.И. Шестаков, С.В. Фомиченко, Т.В. Пономарева, С.П. Лавриченко, М.А. Липатникова, Е.Р. Миниханова, Е.А. Иващенко

Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, Россия

Характерным признаком произвольного движения человека определяется целенаправленностью, которая обусловлена точностью и устойчивостью. Целью исследования явился анализ корковой электрической активности при подготовке и реализации визуально-моторного акта на примере стрельбы из лука. В исследовании участвовало четыре лучника квалификации мастера спорта. Моторная задача состояла в реализации 60 выстрелов. Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) регистрировалась в 19

отведениях посредством электроэнцефалографа «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» (г. Таганрог) стоя с открытыми глазами и при прицеливании. Сравнительный анализ усредненных топографических карт мощности спектра ЭЭГ осуществлялся посредством программы WinEEG (Санкт-Петербург) в частотных диапазонах 4-8; 8-10; 10-12; 12-24; 24-35 Гц. Вычитание из топографических карт при прицеливании аналогичных карт в исходном состоянии позволило выявить достоверные изменения посредством однофакторного дисперсионного анализа (Statistika 10). Полученные результаты о максимальной точности выстрела (10 очков) позволили разделить испытуемых по рейтингу. Индивидуальные топографические карты мощности спектра ЭЭГ интегрировались в групповые с учетом достоверных изменений мощности спектра ЭЭГ в определенных отведениях у всех испытуемых. В низкочастотных диапазонах при высокоточных выстрелах наблюдалось повышение мощности спектра ЭЭГ у всех спортсменов в ограниченном количестве отведений. Полученные данные свидетельствуют о том, что электрическая активность в низкочастотных диапазонах при высокоточном выстреле характеризуется всего лишь двумя областями коры больших полушарий (лобная и затылочная). В высокочастотных диапазонах при высокоточном выстреле проявлялась активность всего левого полушария. Эти биологические маркеры определяют точность выстрела, но не его устойчивости при многократном повторении спортивного упражнения. У каждого спортсмена в низкочастотных диапазонах проявлялось различие пространственного распределения повышенной мощности спектра ЭЭГ в зависимости от количества высокоточных выстрелов. В высокочастотных диапазонах таких индивидуальных различий не было. Таким образом, по организации электрической активности низкочастотных диапазонов можно судить о стабильности повторения высокоточных выстрелов.

## ДИНАМИКА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ХОДЕ КУРСА ТРЕНИРОВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕРФЕЙСА МОЗГ-КОМПЬЮТЕР

Н.В. Шемякина<sup>1</sup>, Ж.В. Нагорнова<sup>1</sup>, К.М. Сонькин<sup>3</sup>, Ф.В. Гунделах<sup>2,3</sup>, Л.А. Станкевич<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН; <sup>2</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; <sup>3</sup>ООО "АйБрейн", Санкт-Петербург, Россия

В настоящее время актуальной является задача разработки и апробации процедур двигательной реабилитации при использовании неинвазивных интерфейсов мозг-компьютер (ИМК) на основе моторного воображения. Целью данной работы была оценка индивидуальных изменений спектральных характеристик ЭЭГ в ходе тренинга моторного воображения с обратной связью на основе ИМК. В исследовании приняли участие добровольцы, перенесшие инсульт. Тренировки состояли из игровых сессий, в которых воображаемое движение (сжатие) правой или левой кисти распознавалось классификатором и, в случае правильного распознавания, приводило к движению руки игрового аватара для сбора яблок. Сессии проходили через день, количество тренировок – от 8 до 17. В ходе тренировок регистрировалась ЭЭГ от 19 AgCl электродов при помощи электроэнцефалографа smartBCI (Мицар, СПб), с разбиением записи на отдельные пробы, соответствующие временному интервалу воображаемых движений (1200 мс). Для расчета частотно-временных карт и анализа связанной с событием синхронизации/десинхронизации ЭЭГ использовалось вейвлет-преобразование (вейвлет Морле), с шириной 5 циклов. Далее рассчитывалась мощность сигнала в узких частотных диапазонах (2-4Гц, 4-6Гц, 6-8Гц, 8-10Гц, 10-12Гц, 12-14Гц, 14-16Гц, 16-18Гц, 18-24Гц, 24-30Гц) во временных интервалах длительностью 300 мс последовательно в течение пробы для каждой тренировочной сессии. Индивидуальная динамика показателей мощности оценивалась при помощи линейного регрессионного анализа для каждой частотно-временной пары и каждого электрода в области интереса (сенсомоторные и прилегающие зоны коры). Изменения связанной с событием синхронизации/десинхронизации ЭЭГ в ходе курса тренировок наблюдались у всех участников, при этом большее количество изменений (в большем диапазоне частот и в большем количестве временных интервалов) при воображении движений у большинства участников наблюдалось в пораженном полушарии. Основными эффектами в ходе курса тренировок было увеличение вызванной десинхронизации в диапазоне альфа-ритма (10-12Гц) и увеличение вызванной синхронизации в высокочастотных диапазонах (18-30Гц). Таким образом, ИМК-тренировки приводят к изменениям ЭЭГ-показателей, свидетельствующим о повышении возбудимости сенсомоторной коры при воображении движений.

РФФИ 16-29-08296 офу-м.

## МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ НЕЙРОНОВ ГИППОКАМПА КРЫС В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРУЕМОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ

М.В. Глазова<sup>1</sup>, А.С. Березовская<sup>1</sup>, Е.В. Черниговская<sup>1</sup>, А.А. Наумова<sup>1</sup>, С.А. Тыганов<sup>2</sup>, Б.С. Шенкман<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт эволюционной физиологии и биохимии РАН, Санкт-Петербург; <sup>2</sup>Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия

На сегодняшний день становится все более очевидно, что факторы космического полета приводят к морфологическим изменениям структуры мозга и когнитивным отклонениям. Одним из ключевых звеньев в контроле когнитивных процессов является гиппокамп. При этом известно, что зубчатая извилина гиппокампа является нейрогенной нишей мозга, и что уровень нейрогенеза коррелирует с двигательной активностью и когнитивными функциями. Однако функциональное состояние гиппокампа в условиях космического полета или симулированной микрогравитации остается малоисследованной областью. В качестве модели гравитационной разгрузки использовали метод антиортостатического вывешивания. Эксперименты проводили на самцах крыс линии Вистар, которые были разделены на 3 группы: контроль (С), трехсуточное вывешивание (HS) и трехсуточное вывешивание с механической стимуляцией задних конечностей (DFS). Длительность вывешивания составляла 3, 7 и 14 дней. Результаты показали значительные нарушения работы гиппокампа при кратковременном 3-суточном вывешивании. Значительно снижался уровень активности ГАМК и глутаматергических систем, уровень нейрогенеза и активность ERK1/2 киназы. Выявленное снижение нейрогенеза может быть связано, как со снижением уровня глутамата, поскольку глутамат участвует в регуляции созревания нейрональных стволовых клеток, так и со снижением активности ERK1/2. При этом повышалась активность Akt сигнального каскада, что свидетельствует об активации процессов выживаемости нейронов. С другой стороны, динамическая стимуляция стоп на фоне вывешивания привела к нормализации выявленных изменений. На более