

УДК 612.766.1

Силовые и координационные возможности человека после воздействия моделируемой микрогравитации

Примаченко Герман Константинович¹g.k.primachenko@mail.ru
SPIN-код: 1303-1559Шпаков Алексей Васильевич^{1,2}avshpakov@gmail.com
SPIN-код: 2713-8346¹ ГНЦ РФ — ИМБП РАН, Москва, Россия² Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия

Аннотация. Изучено влияние 21-суточной антиортостатической гипокинезии (АНОГ) на показатели силы мышц нижних конечностей (НК) и координационных способностей человека при выполнении разгибания в коленном суставе. После в 21-суточной АНОГ снижение максимальной произвольной силы (МПС) в изометрическом режиме динамометра сопровождалось увеличением средней амплитуды электромиографической (ЭМГ) активности мышц-разгибателей коленного сустава и мощности спектра ЭМГ. В тесте на удержание заданного уровня усилия, составляющего 60 и 30 % от МПС при изометрическом сокращении, выявлено увеличение средней абсолютной ошибки как при 60 %, так и при 30 %. Как и в случае МПС, выявлено увеличение амплитуды ЭМГ и мощности ее спектра. Сделаны выводы о том, что после нахождения человека в условиях моделирования физиологических эффектов невесомости снижается не только сила мышц НК, но и изменяется проприоцептивная чувствительность со снижением способности воспроизводить заданный уровень мышечного усилия в различных диапазонах силовых нагрузок.

Ключевые слова: электромиограмма, антиортостатическая гипокинезия, максимальная сила, координация, мышечное усилие

Введение. Перед космической физиологией стоит задача обеспечения безопасной жизнедеятельности человека в условиях микро- и гипогравитации. Как известно, несмотря на усовершенствование систем профилактики, в космическом полете развивается гипония и атрофия скелетной мускулатуры [1], снижается общая работоспособность [2, 3] человека. Таким образом, формирование знаний об особенностях функционального состояния опорно-двигательного аппарата человека после воздействия микрогравитационного фактора является перспективным направлением наземных исследований. Целью нашей работы являлось изучение силовых показателей и показателей точности выполнения односуставных движений у человека после воздействия 21-суточной АНОГ.

Методы и материалы; результаты. В исследовании приняли участие 5 практически здоровых мужчин-добровольцев, регулярно не занимающихся физическими нагрузками ($M \pm SD$: 29 $\pm$ 3,2 лет, 176,4 $\pm$ 6,2 см, 72,8 $\pm$ 8,87 кг). Испытатели круглосуточно находились в условиях АНОГ с наклоном тела – 6° относительно горизонта. Тестирование выполнялось в до АНОГ и в период

последствия на R+3 сутки. Параметры внешнего проявления мышечной активности определяли в изометрическом режиме сокращения на динамометре Biodex System 4 Pro. Одновременно с этим регистрировали ЭМГ-активность мышц-разгибателей коленного сустава (*mm. vastus lateralis, vastus medialis, rectus femoris*). МПС мышц-разгибателей коленного сустава определяли при тестировании в изометрическом режиме динамометра (угол в коленном суставе $\sim 90^\circ$, в тазобедренном — $\sim 110^\circ$). Выполняли два однократных разгибание в коленном суставе, учитывали максимальный результат. Затем испытуемый выполнял последовательно от четырех до пяти четырехсекундных удержаний заданного усилия (60 и 30 % от максимального уровня) с паузой между сокращениями длительностью 4 секунды с зрительной обратной связью. После отдыха тест повторяли без зрительного контроля. Согласно результатам проведенного эксперимента, после пребывания в условиях 21-суточной АНОГ наблюдается снижение силовых возможностей мышечного аппарата НК (МПС в изометрическом режиме), сопровождаемое увеличением энергетических (возрастание амплитуды и мощности спектра ЭМГ). При выполнении мышечных усилий заданного уровня увеличивалась средняя абсолютная ошибка, что указывает на изменения со стороны проприоцептивной системы.

Заключение. Полученные результаты соотносятся с результатами аналогичных исследований после космического полета и других модельных экспериментов и позволяют дополнить данные об изменении мышечной активности при выполнении произвольных движений после воздействия реальной и моделируемой микрогравитации, а также составить представление о готовности мышечного аппарата человека выполнять точную работу после посадки на поверхности планет и спутников.

Работа выполнена в рамках государственного задания FMFR-2024-0033.

Список источников

- [1] Vico L., Collet P., Guignandon A. et al. Effects of long-term microgravity exposure on cancellous and cortical weight-bearing bones of cosmonauts. *Lancet*, 2000, vol. 355, no. 9215, art. no. 1607. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)02217-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)02217-0)
- [2] Adams G.R., Caiozzo V.J., Baldwin K.M. Skeletal muscle unweighting: spaceflight and ground-based models. *Journal of Applied Physiology*, 2003, vol. 95, no. 6, art. no. 2185. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00346.2003>
- [3] Ferretti G., Berg H.E., Minetti A.E. et al. Maximal instantaneous muscular power after prolonged bed rest in humans. *Journal of Applied Physiology*, 2001, vol. 90, no. 2, art. no. 431. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.2001.90.2.431>