

на камбаловидных мышцах денервированной и интактной задней конечности при АОВ. Показано, что уровень церамида при 6-часовом вывешивании возрастает в обеих мышцах, причем, прирост существенно больше в мышце денервированной конечности по сравнению с интактной. Это не противоречит данным других авторов, которые также наблюдали усиление образования церамида в мышце после ее денервации [Turinsky J. et al., 1990].

Таким образом, в *m. soleus* изменения ферментов, участвующих в обмене сфинголипидов, в условиях 6-часового АОВ соответствуют тем, которые ранее мы наблюдали при 4-дневном и 14-дневном вывешивании. Это, вероятно, может свидетельствовать об универсальности механизмов образования церамида в скелетных мышцах как при кратковременной, так и более длительной функциональной разгрузке. Денервация потенцирует интенсивность процессов, приводящих к накоплению церамида в разгруженной мышце, как дополнительный фактор, способствующий дисбалансу в метаболизме сфинголипидов.

Работа поддержана грантом РФФИ № 14-04-01680 и грантом РНФ № 16-15-10220.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА «ПИЛОТ-Т» НА БОРТУ МКС

**Бубеев Ю.А.¹, Бронников С.В.¹, Котровская Т.И.¹, Дудукин А.В.¹, Счастливец Д.В.¹,
Риттвегер Й.² & Йоханнес Б.²**

¹ Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

² Институт Аэрокосмической Медицины ДЛР, Кельн

FIRST RESULTS OF THE EXPERIMENT PILOT-T ONBOARD ISS

**Bubeev Y.A.¹, Bronnikov S.V.¹, Kotrovskaya T.I.¹, Dudukin A.V.¹, Schastlivtseva D.V.¹,
Rittweger J.² & Johannes B.²**

¹ State Research Center of the Russian Federation – Institute of biomedical problems RAS, Moscow

² Institute of Aerospace Medicine, DLR, Cologne

INTRODUCTION

The skill acquisition and skill maintenance of hand controlled docking of a spacecraft (SOYUS or PROGRESS) on a space station (MIR or ISS) has always been a fundamental part of Russian cosmonauts' training. Since the MIR epoch onboard training was realized using docking simulators running on notebooks. The experiment «PILOT» was continuously conducted in parallel to the regular docking training and is not meant to substitute the regular docking training. The experiment aimed to investigate the performance and the operational reliability of Russian cosmonauts in that maneuver. Meanwhile the third generation of this experiment is ongoing on the ISS.

This paper presents the current state and preliminary results of the actual project («PILOT-T») aimed at the development and evaluation of a self-sufficient training tool for manual control of objects with six degrees of freedom (6df).

METHODS

An experimental docking simulator (labeled «6df») was developed to enable the free variation of experimental condition for scientific research. It focusses on cognitive, perceptual and motor skills in the manual control of objects with 6df, providing a performance metric for humans in a human-robot interaction. The experimental simulator uses control dynamics similar to the regular docking training system. However, it avoids any graphic similarities to any real space station not to interfere with the regular training. The tool combines performance assessment with the assessment of effort using physiological measurement and subjective evaluations. It can be used to gather more insight into the training processes involved in manually controlling complex task. The results obtained may be used to improve the program of the regular training.

Until October 2016 seven cosmonauts participated in the experiment providing the possibility for a first preliminary report. In detail we will herein focus on the acceptance of this scientific docking simulator by the cosmonauts. The experiment allowed the cosmonauts to choose the difficulty of the task. The protocol started with two standard tasks; the space craft was located abeam the docking point of a stable space station requiring a curve flight, a stabilization phase and a final approach ending with the docking contact. In the following tasks the space station was rotating, first around one axis, finally around two axes. The rotation speed of the space station was increasing from task to task. Five tasks had to be solved.

For the data analysis the procedure MIXED of IBM SPSS Statistics V. 20 was used providing a linear mixed effects analysis.

RESULTS

The analysis of the level of task difficulty revealed no significant differences (df : num2, denom: 395,912, $F = 0.09$, $p = 0.912$) among the mission phases pre-flight, inflight, and post-flight. All cosmonauts have chosen in nearly all experiments a continuously increasing task difficulty. The flight accuracy showed a tendency to increase from pre-flight to inflight, and post-flight. The tasks four and five (higher difficulty) showed lower accuracy during the pre-flight phase which increased during inflight and post-flight. The final statistical analysis will be provided after the end of data acquisition.

DISCUSSION

The first results are promising that the experimental docking simulator is mostly accepted by the cosmonauts. There even occurred the request for more difficult tasks. This is an important step forward to the next phase of the experiment. For the investigation of brain functioning under weightlessness we plan to use an experimental design with evoked potentials in the electroencephalogram. Therefore the development of an independent experimental docking simulator was necessary. However, the same important was the acceptance by the cosmonauts. Based on the successful implementation of the 6df-tool onboard ISS there are also other options possible. This tool can also be used as a self-sufficient learning course. Ground based studies at DLR confirm the efficiency. This may provide a possible support for space flyers not trained in docking.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ КОСМОНАВТА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗНАЧИМОЙ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Бубеев Ю.А.¹, Котровская Т.И.¹, Счастливецва Д.В.¹, Йоханнес Б.², Дудукин А.В.¹, Гуцин В.И.¹, Чекалина А.И.¹

¹ Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

² Институт Аэрокосмической Медицины, ДЛР, Кельн

THE FUNCTIONAL STATE OF THE NERVOUS SYSTEM OF THE ASTRONAUT WHILE PERFORMING SIGNIFICANT OPERATOR'S ACTIVITY

Bubeev Yu.A.¹, Kotrovskaya T.I.¹, Schastlivtseva D.V.¹, Johannes B.², Dudukin A.V.¹, Guschin V.I.¹, Chekalina A.I.¹

¹ State Research Center of the Russian Federation – Institute of biomedical problems RAS, Moscow

² Institute of Aerospace Medicine, DLR, Cologne

Разработка и совершенствование средств и методов оценки функционального состояния нервной системы космонавта, в частности, при выполнении значимой операторской деятельности (ручного управления космическим аппаратом (КА)), позволит повысить эффективность контроля его психоэмоциональной и когнитивной сферы, и тем самым, снизив риск ошибочных действий, повысить безопасность в условиях космического полета. Для реализации этой цели использовали комплекс «НЕЙРОЛАБ-2010», регистрировавший физиологические показатели при выполнении модели операторской деятельности Six-degrees-of-freedom (6df), а также батарею когнитивных тестов.

Протокол «6df» позволяет оценить эффективность выполнения имитационных задач по ручному управлению моделями сложных динамических объектов с учетом 6 степеней свободы движения. Характеристики пространственного движения, а также система ручного управления движением модели КА реализуются в реальном масштабе времени. Управление моделью КА обследуемый член экипажа производит с помощью двух рукояток. Путь, пройденный моделью КА, визуализируется и, с учетом этого, осуществляется навигация движущимся объектом. После выполнения каждой задачи по стыковке у обследуемого члена экипажа есть возможность выбора: повышать, понижать или оставлять прежней сложность предъявляемых задач. Повышение сложности выполнения стыковки с моделью вращающегося объекта обеспечивает улучшение навыков ручного управления. Прогрессирующая сложность наряду с актуальностью задачи стыковки обеспечивает повышение уровня мотивации обследуемого члена экипажа. Среднее время выполнения протокола «6df» составляет 40 мин. Используемая батарея когнитивных тестов (протокол «Когнитивные тесты»), направлена на оценку памяти, мышления, переключения внимания, скорости и точности сенсомоторного реагирования. Среднее время выполнения этого протокола составило 15 мин.

В рамках первого этапа КЭ «Пилот-Т» к настоящему моменту получены первичные данные полного цикла сеансов эксперимента для 4 членов экипажа на Земле и на борту Российского сегмента Международной космической станции.

Результаты протоколов «6df» свидетельствуют о том, что 4 членов экипажа успешно и с высоким качеством выполнили все тестовые режимы управления в каждом проведенном сеансе, при этом, последовательно повышая уровни сложности задачи с первой (статическая система) по пятый (с максимально возможным количеством степеней свободы). Каждый уровень сложности в протоколе «6df» содержит в себе несколько вариантов задач, которые выбираются случайно. По результатам выполнения космонавтами имитационных задач ручного управления стыковкой/перестыковкой двух КА, допустимые параметры входили в допуски при касании транспортного пилотируемого корабля с орбитальной станцией, такие как:

- промахи от центров стыковочных узлов по осям (PrY; PrZ) – по модулю не более 0,17 м;
- продольная относительная скорость сближения (V_x) – по модулю 0.05÷0.15 м/с;
- боковая относительная скорость (V_y ; V_z) – по модулю не более 0,057 (м/с);
- относительное угловое рассогласование по крену (Гамма) – по модулю не более 4 град;
- суммарное относительное угловое рассогласование по тангажу и рысканию ($\Theta_{\alpha 1} + \Theta_{\alpha 2}$), ($\Phi_{\alpha 1} - \Phi_{\alpha 2}$) – по модулю не более 6 град.