



Что происходит с вестибулярной системой в космосе?

(Космический эксперимент «Виртуал»)

Л.Н. Корнилова, И.А. Наумов, Д.О. Глухих, Ю.И. Смирнов, Г.А. Екимовский
ГНЦ РФ – ИМБП РАН

Во время космического полёта организм космонавта постепенно адаптируется к условиям микрогравитации, а после возвращения – реадaptируется к земной гравитации. В начальные периоды этих процессов практически у всех космонавтов возникает ряд специфических реакций, связанных с органами чувств. В первую очередь, это ориентационные иллюзии, головокружение, затруднение при фиксации и прослеживании зрительных объектов. Космонавты испытывают дискомфорт, особенно если появляется дополнительная вегетативная симптоматика (тошнота), т.к. эти симптомы схожи по проявлениям с земными формами болезни движения, их совокупность была названа «космической формой болезни движения» (КБД). КБД – это состояние, когда нормальная физиологическая адаптация переходит в фазу декомпенсации, т.е. когда адаптационные реакции организма, которые представляют собой космический адаптационный синдром (КАС), так ярко выражены, что достигают клинического уровня и сопровождаются ухудшением профессиональной работоспособности.

В основе КАС (КБД) лежат нарушения в деятельности отдельных сенсорных систем (систем, ответственных за восприятие сигналов от окружающей или внутренней среды) и их взаимодействия. Важная роль в меж-сенсорных взаимодействиях принадлежит вестибулярному аппарату – своеобразной навигационной системе человека. Естественным стимулом для рецепторов вестибулярного аппарата является гравитация. Именно поэтому важно проанализировать, как меняется вестибулярная функция во время полёта (в условиях невесомости) и после него (при переходе к земным условиям). Такой анализ проводится в рамках космического эксперимента (КЭ) «Виртуал». На первом этапе проведения эксперимента исследовали, как влияет длительное пребывание в микрогравитации на состояние вестибулярной функции в ходе полёта и в период реадaptации к земным условиям. Кроме того, оценивали, как на вестибулярную функцию влияет повторность полётов. Исследователи сравнили динамику изменения этой функции в микрогравитации и в период после полёта реадaptации к условиям Земли. Был проведен детальный сравнительный анализ разных типов вестибулярных рефлексов. На основании полученных данных была разработана и создана методология точного диагностирования адаптационного/реадaptационного синдрома КАС (КБД).

В ходе 1-го этапа КЭ «Виртуал» обследовали 47 российских космонавтов, при этом 9 из них принимали участие не только в пред- и послеполётных обследованиях, но и непосредственно в условиях невесомости. Длительность пребывания в невесомости составляла от 125 до 215 суток. Возраст обследуемых космонавтов составлял 35-50 лет, средний возраст – 44 года.

Всех космонавтов поделили на две группы: те, кто впервые находился в космическом полёте (26 космонавтов), и те, у кого уже был опыт пребывания в условиях невесомости (21 космонавт).

Исследование вестибулярной функции (ВФ) проводили с помощью специально разработанного специалистами ГНЦ РФ – ИМБП РАН комплекса компьютерных программ. На голову испытуемого надевался шлем ВОГ-комплекса (Chronos Vision ETD), оборудованный высокочастотными инфракрасными видеокамерами (рис. 1).

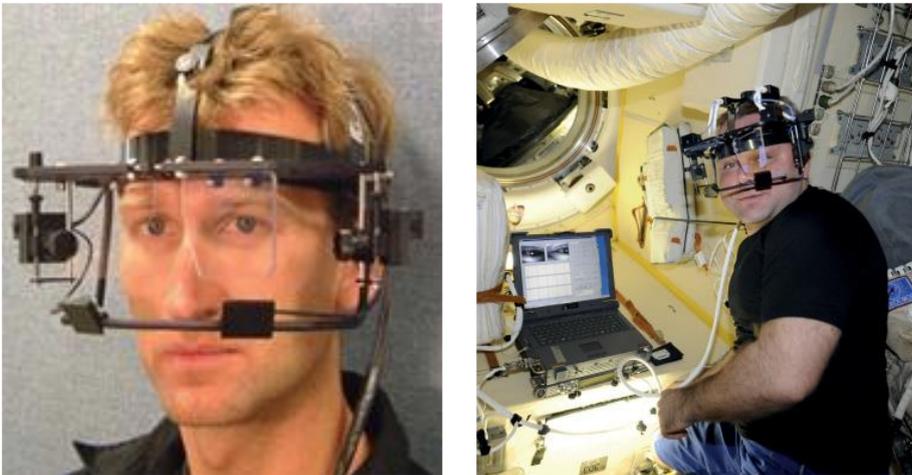


Рис. 1 – Обследования космонавтов по программе КЭ «Виртуал» до и в ходе полёта

Оценивали:

- спонтанные движения глаз (СДГ) – при этом регистрировали плавающие (дрейф) и саккадические (быстрые, скачкообразные) движения глаз, спонтанный нистагм (непроизвольные ритмические подёргивания глазных яблок) при центральном положении глазных яблок и нистагм взора при отведениях их;
- статический торсионный отолито-шейно-окулярный рефлекс (ОШОР), т.е. как сильно проявляются торсионные (вращательные) компенсаторные движения глаз, если испытуемый наклоняет голову поочередно к правому и левому плечам;
- динамический горизонтальный вестибуло-шейно-окулярный рефлекс (ВШОР), т.е. отношение скорости горизонтального компенсаторного противовращения глаз к скорости вращения головы вокруг продольной оси тела с открытыми и закрытыми глазами;
- вестибулярную реактивность (ВР) – её определяли по длительности и интенсивности нистагма, наслаивающегося на горизонтальное компенсаторное противовращение глаз при вращении головы вокруг продольной оси тела.

До полёта у всех космонавтов регистрировались стабильная окулограмма и исследуемые вестибулярные рефлексы в пределах нормы. Эта стабильность нарушалась во время полёта. Увеличивалось количество спонтанных движений глаз (рост числа саккадических движений, уплывание глаз), появлялся спонтанный нистагм при положении глаз в центре и нистагм при отведениях глаз в сторону. Хотя в ходе полёта характер СДГ не зависел от повторности пребывания в космическом полёте, и групповых различий не было, однако после полёта наибольшие и наиболее длительно сохранявшиеся изменения СДГ наблюдались в группе космонавтов, впервые находившихся в невесомости. Та же картина отмечена и для ОШОР. В полёте этот рефлекс статистически значимо снижался у всех космонавтов и на фоне снижения появлялись атипичные реакции (отсутствие или инверсия рефлекса). После полёта (на 1-2-е

сутки после полёта) атипичная форма ОШОР была характерна только для космонавтов группы I, не имевших предварительного опыта космического полёта. И эти различия сохранялись до 8-9-х суток после полёта. Послеполётные изменения ВШОР и ВР также сильнее проявлялись у группы космонавтов, для кого полёт был первым.

Когда ученые сравнили эти данные с данными послеполётного эксперимента по зрительному слежению «Сенсорная адаптация», оказалось, что нарушения в системе зрительного слежения отчётливо коррелировали с изменениями в вестибулярной системе.

Таким образом, в результате проведения 1-го этапа КЭ «Виртуал» учёные выяснили, какие именно изменения происходят в вестибулярной функции, а также механизмы этих изменений. Из-за того, что изменённый в невесомости вестибулярный сигнал отторгается вестибулярной системой (центральная деафферентация), торсионные противовращения глаз отсутствуют или вращение идёт в другую сторону. А реактивность полукружных каналов вестибулярной системы повышается, поэтому нистагм при вращении головы становится более интенсивным. При этом изменения ВФ в ходе полёта не зависели от повторности КП, а после полёта в группе впервые летавших космонавтов период реадаптации был более длительным, и нарушения ВФ были более выражены. Характер нарушений вестибулярной функции, наблюдаемый во время и после полёта, очень схож, поэтому можно рассматривать эти нарушения как проявление космического адаптационного/реадаптационного синдрома.



Полученные результаты говорят о том, что в ходе всего космического полёта независимо от «опытности» космонавта необходимо контролировать состояние его вестибулярной системы

(и взаимодействующих с ней сенсорных систем), особенно до и после критически важных операций (стыковка, внекорабельная деятельность и т.д.).

Эти результаты очень важны для совершенствования методов прогноза, профилактики и коррекции нарушений деятельности вестибулярной и взаимодействующих с ней сенсорных систем в космической и клинической медицине. При этом созданные аппаратно-программный комплекс и методология исследований ВФ в бортовом эксперименте «Виртуал» параллельно уже были апробированы в клинике.

В настоящий момент идёт подготовка 2-го этапа КЭ «Виртуал», который в большей степени будет посвящён исследованию зрительного слежения и его зависимости от состояния вестибулярной функции в условиях невесомости.