

Московский педагогический  
государственный университет



Е. В. Фомина, Т. Б. Кукоба

**ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
РЕЗУЛЬТАТОВ  
КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
В ИНТЕРЕСАХ МЕДИЦИНЫ**



Москва  
2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Московский педагогический государственный университет»



Е. В. Фомина, Т. Б. Кукоба

ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
РЕЗУЛЬТАТОВ  
КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
В ИНТЕРЕСАХ МЕДИЦИНЫ

*Учебное пособие*

МПГУ  
Москва • 2019

УДК 796.011.3 (075.8):615.825.4

ББК 53.54я73

Ф762

### Рецензенты:

**А. В. Воронов**, доктор биологических наук, кандидат педагогических наук, заведующий отделом диагностики и коррекции состояния опорно-двигательного аппарата спортсменов ФГБУ ФНЦ ВНИИФК

**Т. К. Ким**, доктор педагогических наук, профессор, доцент, заведующий кафедрой теоретических основ физической культуры и спорта, ИФСИЗ МПГУ

### **Фомина, Елена Валентиновна.**

Ф762 Основы применения результатов космической деятельности в интересах медицины : учебное пособие / Е. В. Фомина, Т. Б. Кукоба. – Москва : МПГУ, 2019. – 64 с.

ISBN 978-5-4263-0803-9

В пособии содержится информация о факторах, вызывающих гипогравитационные нарушения в организме человека в длительном космическом полете. Показано влияние невесомости на сенсорные системы, пространственную ориентацию, сенсорное обеспечение моторного контроля в условиях микрогравитации. Отражены современные представления об изменении в невесомости деятельности кардиореспираторной, костной, двигательной и мышечной систем (адаптационных механизмах). Подробно представлены средства и методы коррекции и профилактики неблагоприятного воздействия невесомости. Рассмотрены варианты использования космических технологий в реабилитации пациентов с нарушениями в двигательной системе.

Пособие предназначено для аспирантов, обучающихся по направлению 44.06.01 «Образование и педагогические науки», программа аспирантуры «Теория и методика физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры», магистрантов, обучающихся по направлениям 44.04.01 «Педагогическое образование», магистерские программы «Теория спорта и технология спортивной подготовки» и «Теория физической культуры и технологии физического воспитания», 44.04.02 «Психолого-педагогическое образование», магистерская программа «Управление развитием физкультурно-спортивных организаций и образовательных организаций спортивной направленности», и студентов медицинских факультетов, осваивающих программу бакалавриата.

УДК 796.011.3 (075.8):615.825.4

ББК 53.54я73

ISBN 978-5-4263-0803-9

© МПГУ, 2019

© Фомина Е. В., Кукоба Т. Б., текст, 2019

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ФАКТОРЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА. . . . .</b>   | <b>5</b>  |
| Радиационный фактор космического полета . . . . .   | 6         |
| Перегрузки. . . . .   | 9         |
| <i>Контрольные вопросы.</i> . . . . .   | 10        |
| <b>ИЗМЕНЕНИЯ В ГРАВИЗАВИСИМЫХ СИСТЕМАХ<br/>В УСЛОВИЯХ МИКРОГРАВИТАЦИИ . . . . .</b>   | <b>11</b> |
| Космическая форма болезни движения . . . . .  | 15        |
| Кардиоваскулярная<br>и кардиореспираторная функции<br>в условиях невесомости . . . . .                                      | 16        |
| Дыхательная система. . . . .  | 20        |
| Водно-электролитный обмен . . . . .   | 21        |
| Изменения в костной ткани<br>при длительном воздействии<br>микрогравитации. . . . .   | 23        |
| Двигательная система и мышечный аппарат . . . . .   | 24        |
| Изменения контроля движения<br>в условиях микрогравитации . . . . .   | 27        |
| Синдромы невесомости . . . . .  | 28        |
| <i>Контрольные вопросы.</i> . . . . .   | 30        |
| <b>МЕТОДЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ,<br/>КОРРЕКЦИИ И ПРОФИЛАКТИКИ<br/>НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ<br/>НЕВЕСОМОСТИ . . . . .</b>       | <b>32</b> |
| <i>Контрольные вопросы.</i> . . . . .   | 44        |
| <b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ<br/>В РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ<br/>В ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ . . . . .</b> | <b>45</b> |
| Нейрофизиологические механизмы<br>гипогравитационного двигательного синдрома. . . . .                                       | 45        |

|   |    |
|---|----|
| Применение лечебного костюма «Регент»<br>в реабилитации пациентов с очаговыми поражениями<br>центральной нервной системы. . . . . | 46 |
| Клинико-нейровизуализационные эффекты<br>механической стимуляции опорных зон стоп<br>в лечении инсульта . . . . .                 | 50 |
| Использование модели микрогравитации<br>сухая иммерсия в реабилитации пациентов . . . . .   | 52 |
| <i>Контрольные вопросы.</i> . . . . .   | 56 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.</b> . . . . . | <b>57</b> |
|---|-----------|

## ФАКТОРЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Эра космических полетов явилась началом развития гравитационной физиологии, гравитационные механизмы изучали и ранее. Примером таких исследований являются опыты Магнуса, раскрывающие природу и организацию механизмов автоматизма поддержания позы в сенсомоторных системах. Однако роль и место гравитации в развитии и функционировании систем организма человека требуют дальнейшего изучения.

Жизнь на Земле характеризуется определенными условиями: наличием атмосферы, содержащей определенное объемное соотношение кислорода, азота и углекислого газа; присутствием магнитных поясов вокруг нашей планеты, защищающих ее вместе с атмосферой от ионизирующей и ультрафиолетовой радиации; существованием гравитационного поля величиной 1 G, оказывающего постоянное воздействие на живые организмы.

Живые организмы в совершенстве адаптировались к условиям жизни на Земле за время эволюционного развития; естественно ожидать, что смена этих условий при пребывании в космосе может приводить к серьезным изменениям в их жизнедеятельности.

В отличие от земных условий, космическая среда характеризуется такими особенностями, как наличие микрогравитации, отсутствие кислорода и атмосферного давления, воздействие высоких уровней радиации.

Продолжительность космических полетов в настоящее время достигла 438 суток, а выживание в условиях микрогравитации невозможно без защиты от воздействия неблагоприятных факторов и создания на борту космических аппаратов искусственной среды обитания, воспроизводящей основные земные условия.

К *динамическим факторам космического полета* относятся шумовое воздействие, вибрация, ускорения (встречаются, как правило, на этапах взлета и посадки космического корабля и действуют относительно непродолжительный период времени). *Микрогравитация* действует в течение всего космического полета. Важно отметить, что в данном случае состояние невесомости, или нулевую гравитацию, можно определить как микрогравитацию, так как в реальности гравитация

никогда не может исчезнуть полностью, несмотря на то что уровень гравитации настолько мал, что только очень чувствительные приборы могут измерить его величину. Все системы организма и механизмы обеспечения их функционирования, возникшие и развивавшиеся для противодействия силе тяжести, по-иному функционируют в условиях микрогравитации.

*Физиологические проявления микрогравитации:*

- а) снятие гидростатического давления и перераспределение жидких сред;
- б) изменение соотношения сигналов от различных гравитационно-зависимых рецепторов;
- в) снижение функциональной нагрузки на скелетную и мышечную системы;
- г) снижение рефлекторного тонуса антигравитационных мышц.

О способности организма человека к активной адаптации в условиях микрогравитации свидетельствует быстрая перестройка функций сенсорных систем. После окончания полета большинство наблюдаемых у космонавтов изменений постепенно возвращаются к уровню «земной нормы».

## **Радиационный фактор космического полета**

Существенные ограничения жизнедеятельности человека в космосе накладывает спектр космических излучений (включающий галактическое излучение, солнечный ветер, солнечные вспышки).

Неблагоприятное воздействие радиации на организм человека, находящегося в космическом полете, следует рассматривать в двух аспектах.

Во-первых, значительные дозы разнообразных типов космического излучения представляют непосредственную опасность для здоровья. Эти эффекты возникают в течение часов, дней и недель после непосредственного облучения всего организма жестким излучением (например, в случае солнечной вспышки при отсутствии должной защиты экипажа на космическом корабле).

Во-вторых – риск отложенного воздействия ионизирующей радиации, которая, вызывая клеточные мутации и трансформации, может проявлять свое патогенное действие через месяцы и годы после непосредственного воздействия. Такие проявления включают различные

тканевые дисфункции, понижение способности к размножению, помутнение хрусталика, канцерогенез, аномалии развития.

В космическом полете организм подвергается воздействию ионизирующего излучения, которое по происхождению делится на три типа: приземное, солнечное и галактическое.

Пояса высокоэнергетических частиц были открыты в 1958 г. группой исследователей во главе с Джеймсом Ван Алленом. Существование данного типа излучения обусловлено возникновением заряженных частиц при взаимодействии галактического излучения с атмосферой и наличием у Земли магнитного поля, способного задерживать их вблизи планеты. Аккумулированные частицы циркулируют вдоль направлений линий магнитного поля, подвергаясь действию сил Лоренца, и распределяются в соответствии со значением собственной энергии. Вокруг Земли существует несколько поясов, состоящих преимущественно из протонов и электронов с примесью ионов гелия, углерода и кислорода. Своеобразное распределение этих поясов постоянно учитывается при расчете орбит обитаемых космических кораблей.

Солнечные вспышки, длящиеся часы и дни, являются источником протонов и альфа-частиц. Энергия этого вида излучения колеблется в пределах от 10 до 500 МэВ, оно представляет существенную опасность для работы человека в космическом пространстве и накладывает ограничения на время активной работы экипажа.

Происхождение галактического излучения, которое также состоит в основном из протонов, альфа-частиц и тяжелых ядер, связывают со вспышками сверхновых звезд. Первичная частица галактического излучения может рождать несколько более легких частиц. Индивидуальные энергетические характеристики этого вида излучений достигают 1000 МэВ.

Другим компонентом космического излучения являются нейтроны, их потенциальная биологическая опасность связана со способностью взаимодействовать с водородом.

Ионизирующая радиация может индуцировать раковые заболевания и повреждать генетический материал. Наиболее важной точкой приложения повреждающего действия радиации является основная молекула аппарата наследственности – дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК). Механизм возникновения мутаций, связанных с ДНК, является комплексным и включает в себя физический перенос энергии,

образование свободных радикалов и непосредственное нарушение молекулярной структуры ДНК.

Перенос энергии, происходящий при взаимодействии радиации с веществом, длится всего 10–13 с. Механизм переноса зависит от типа радиации. Взаимодействие материи с рентгеновским и гамма-излучением проявляется фотоэлектрическим эффектом, комптоновским рассеянием и возникновением ионных пар. Заряженные частицы переносят свою энергию благодаря взаимодействию с ядрами, ионизации и возбуждению.

Свободные радикалы представляют собой реакционноспособные, электрически нейтральные молекулы с неспаренным электроном на внешней орбите, образовавшиеся в результате рождения ионной пары. Свободные радикалы, образованные при радиоллизе воды, способны диффундировать на расстояние 4–9 нм и реагировать с ДНК.

Радиация воздействует на ДНК следующими путями: изменение или удаление нуклеотидов, разрушение внутри- и межмолекулярных водородных связей, создание связей-сшивок с другими молекулами ДНК или белками. Около 75% ОН-радикалов, образованных в растворе, оказывают непосредственное действие на молекулу ДНК. Все изменения проявляются хромосомными нарушениями, их выраженность зависит от стадии митотического цикла, в которой клетку застала радиация.

Дозиметрический контроль на борту осуществляется индивидуальными и бортовыми дозиметрами. Функция бортовой дозиметрии заключается в оповещении экипажа о радиационной обстановке.

Идеальный радиопротектор должен быть стабильным, эффективным при пероральном введении, обеспечивать безопасность достаточно длительное время и обладать минимальным побочным действием. Большинство из известных радиопротекторов относятся к двум классам химических соединений: индолилалкиламинам и меркаптоэтаноламинам; защитный эффект протектора проявляется только в случае введения протектора незадолго до облучения.

Применяются и иммуномодулирующие агенты (бета-глюканы), а также витамин Е в качестве антиоксиданта и витамин С для предотвращения канцерогенного эффекта радиации. Изучается возможность применения гематопозитических факторов роста и интерлейкинов для радиопротекторных целей.

## Перегрузки

Вывод космического корабля на орбиту и, соответственно, достижение второй космической скорости сопряжены с возникновением перегрузок, значительно превышающих как по величине, так и по длительности те перегрузки, с которыми сталкивается летчик, поэтому одним из важнейших направлений исследования является изучение реакций организма на воздействие ускорений.

Перегрузка – это безразмерная величина, показывающая, во сколько раз увеличивается вес тела при данном ускорении. Таким образом, первопричиной перегрузок является ускорение, которое возникает при изменении равномерной скорости движения тела.

Ускорение выражается кратным числом относительно ускорения свободного падения в земных условиях и является гравитационной константой ( $9,81 \text{ м/с}^2$ ), например, ускорение величиной  $40 \text{ м/с}^2$  обозначается как 4 G. В отличие от ускорений, для обозначения соответствующих перегрузок используется прописная буква G.

В период взлета трехступенчатой ракеты пиковые величины ускорений последовательно достигают 8, 10 и 12 G. После каждого пика продолжительностью 20–25 с ускорение уменьшается до 1,5 G, а затем наступает следующий пик.

При направлении вектора ускорений от ног к голове перегрузки называются положительными, а при направлении от головы к ногам – отрицательными, помимо этого, различают поперечные («спина-грудь» и «грудь-спина»), а также боковые («бок-бок») перегрузки.

*По продолжительности воздействия* перегрузки могут быть импульсные, или ударные ( $t < 0,3 \text{ с}$ ), кратковременные ( $0,3 < t < 2,5 \text{ с}$ ), длительные ( $t > 2,5 \text{ с}$ ) и постоянные (несколько суток).

В соответствии с законами механики перегрузки вызывают в организме перераспределение крови и лимфы, изменение давления ликвора и смещение внутренних органов, особенно в брюшной полости.

*Гемодинамические изменения* наиболее выражены при воздействии продольных перегрузок («голова-таз», «таз-голова») и проявляются симптомами расстройства зрительного анализатора и помутнением сознания.

Следствиями воздействия перегрузок также являются *необычная афферентная импульсация с интерорецепторов внутренних органов*

*Учебное издание*

**Фомина** Елена Валентиновна,  
**Кукоба** Татьяна Борисовна

**ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
РЕЗУЛЬТАТОВ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
В ИНТЕРЕСАХ МЕДИЦИНЫ**

*Учебное пособие*

Корректор *Леонова Е. И.*  
Верстка: *Попова Н. А.*

Московский педагогический государственный университет (МПГУ).  
119991, Москва, ул. Малая Пироговская, д. 1, стр. 1.



Управление издательской деятельности  
и инновационного проектирования (УИД и ИП) МПГУ.  
119571, Москва, пр-т Вернадского, д. 88, оф. 446,  
тел. +7 (499) 730-38-61, e-mail: izdat@mpgu.su

Отпечатано в Государственном учреждении  
Типография МПГУ.  
129243, Москва, ул. Кибальчича, д. 6.

Подписано в печать 10.09.2019. Формат 60×90/16.  
Бум. офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 4,0.  
Тираж 500 экз. Заказ 987.

ISBN 978-5-4263-0803-9



9 785426 308039