

Вклад космической медицины в здравоохранение

А.И.Григорьев

Космическая медицина с начала своего становления тесно взаимодействует с медициной земной. Ее основные исследования направлены на изучение влияния на организм человека факторов космического полета, выяснение механизмов адаптации в ответ на воздействие этих факторов, создание и совершенствование средств медицинского обеспечения космических полетов. Для решения этих задач проводятся разносторонние систематические научные исследования в космосе и на Земле, создаются новые медицинские технологии, методы и уникальная бортовая аппаратура, отвечающие высоким требованиям эксплуатации в космосе (надежность, компактность, автономность и эргономичность). Эти достижения чрезвычайно важны для клинической и профилактической медицины и способствуют внедрению технологий космической медицины в практику здравоохранения [1].

Научные исследования в области космической медицины значительно дополнили земную новыми знаниями о здоровом человеке, критериях нормы, резервных возможностях организма, о влиянии гипокинезии на состоянии функциональных систем организма, о клинике, терапии кинетозов, остеопороза, двигательных и ортостатических расстройств и других заболеваний. Такая работа постоян-



Анатолий Иванович Григорьев, академик РАН и РАМН, вице-президент РАН, научный руководитель Института медико-биологических проблем РАН. Область научных интересов — гравитационная физиология, в частности механизмы адаптации человека к экстремальным факторам внешней среды, в том числе к условиям космического полета. Лауреат Государственных премий СССР и РФ (1989, 2002), двух премий правительства России (1996, 2003), Демидовской премии (2008), награжден орденами «Знак почета» (1976), Трудового Красного знамени (1982), «За заслуги перед Отечеством IV и III степени» (2003, 2008) и медалями С.П.Королева и Ю.А.Гагарина Федерации космонавтики СССР, Золотой медалью им. академика В.Ф.Уткина.

но расширяется, способствуя внедрению в земную медицину средств диагностики, профилактики, коррекции и лечения ряда социально значимых заболеваний.

Концепция здоровья

Объект исследований в космической медицине, в отличие от земной, — здоровый человек. В процессе отбора и подготовки космонавтов, во время полетов и после их завершения накоплен обширный научный материал, во многом обогативший знания о здоровом человеке и позволивший обосновать концепцию здоровья [2].

Основное положение концепции — ее нацеленность на

управление функциями организма конкретного человека с учетом условий и режима его деятельности, что предполагает донологический подход, оценку не симптомов болезни, а состояния здоровья, учет индивидуальных нормированных показателей здоровья, сохранение функциональных резервов организма, обеспечение функционального оптимума и профессионального долголетия. Исследования с использованием функциональных нагрузок при динамическом контроле состояния здорового человека существенно расширили наши представления о нормальном диапазоне приспособительных возможностей и резервов организма в обычных и экстремальных условиях.

Концепция здоровья способствовала обоснованию принципов профилактической медицины и нашла широкое применение в клинике, при массовых медицинских обследованиях населения в специальных передвижных лабораториях («Автосан») и в сочетании с оценкой экологической обстановки в различных регионах и на предприятиях («Экосан») [2]. В этих обследованиях используется широкий набор медицинской аппаратуры, созданной для медико-биологических исследований в космосе.

В последние годы в Институте медико-биологических проблем РАН (ИМБП) совместно с организацией «Спорт-Парк» разработана комплексная методика обследования человека, включающая измерение 15 показателей. По данной методике обследовано 640 тыс. человек в возрасте от 6 до 60 лет, разделенных на 17 возрастных групп, при этом особое внимание было уделено школьникам. Построены рейтинговые шкалы для балльной оценки показателей здоровья, используемые при расчете индекса физического здоровья. Созданная компьютерная программа «Навигатор здоровья» отражает результаты обследования в виде индивидуального «паспорта здоровья» и выдает рекомендации по оздоровлению [3].

Телемедицина

Важное направление внедрения космических технологий в земную медицину составляют успешные телемедицины, послужившей основой дистанционной диагностики здоровья космонавтов и консультативной медицинской помощи. Телеметрические системы позволяют передавать в Центр управления полетами разнообразные физиологические и биохимические данные и фотографии медицинского характера. Телемедицинские методы применялись еще в поле-

тах Ю.А.Гагарина и Г.С.Титова для передачи на Землю данных ЭКГ и дыхания. Опыт создания, совершенствования и эксплуатации телемедицинских систем в космической медицине успешно используется для развития земной телемедицины [4]. С помощью системы спутниковой связи осуществляется интеграция больниц, медицинских учреждений и врачей, находящихся в отдаленных районах и на морских судах, с ведущими медицинскими центрами, что обеспечивает передачу необходимой информации (записи ЭКГ, ЭЭГ, рентгеновские снимки, компьютерные томограммы и др.) для постановки диагноза, квалифицированной консультации и лечения.

Телемедицине принадлежит важная роль в диагностике и лечении пациентов, пострадавших от природных и техногенных катастроф. С этой целью телемедицина эффективно использовалась еще в конце 80-х после землетрясения в Армении и взрыва газопровода под Уфой. Тогда под эгидой советско-американской рабочей группы по космической биологии и медицине были организованы телемосты с участием специалистов московских клиник и ведущих медицинских центров США. В видеоконференциях и телеконсультациях участвовали 247 советских и 175 американских специалистов, рассмотревших 209 клинических случаев по 20 медицинским специальностям. В результате были внесены значительные изменения в диагностический и лечебный процесс, внедрены новые лечебные методики.

Начиная с 2007 г. на Международной космической станции проводятся специальные эксперименты по совершенствованию методов получения мультимедийных медицинских данных в условиях космического полета, полученные данные оцениваются с точки зрения диагностики [4]. Специализированная компьютерная программа, созданная для получе-

ния медицинских изображений, их дешифровки и сохранения результатов для передачи специалистам, использовалась при разработке программного обеспечения для проектов мобильной телемедицины.

Гипокинезия и невесомость

Одну из актуальных проблем современной медицины составляют последствия малоподвижного образа жизни — гипокинезии, которая не без оснований считается «болезнью века». Ей принадлежит важная роль в генезисе сердечно-сосудистых заболеваний (ишемическая болезнь сердца, атеросклероз, гипертония) и нарушений опорно-мышечного аппарата, систем управления движениями и обмена веществ.

Глубокое снижение статической и динамической двигательной активности служит одним из важнейших факторов космического полета, что позволяет считать условия пребывания человека в невесомости особой, крайней формой гипокинезии.

Многолетние исследования в области космической физиологии и медицины позволили установить феномен гипокинетического двигательного синдрома, выделить стадии его развития, раскрыть основные механизмы и разработать профилактические средства, направленные на снижение и предотвращение его неблагоприятных эффектов [5, 6]. Показано, что среди системных проявлений гипокинезии ведущее место занимают костно-мышечные и двигательные нарушения, которые характеризуются изменениями во всех звеньях двигательной системы при кратковременных и, особенно, при длительных воздействиях. Это проявляется в снижении мышечного тонуса и силы сокращений (преимущественно гравитационной мускулатуры ног и туловища), мышечной гиперрефлексии и координационных нарушениях, являю-

щихся причиной снижения вертикальной устойчивости и точностных возможностей систем управления произвольными движениями, а также отклонений в восприятии схемы тела [6]. При длительной гипокинезии и невесомости развиваются атрофические процессы в гравитационной мускулатуре, снижаются сила и работоспособность мышц, отмечаются глубокие сдвиги в рефлекторной сфере.

Изменения мышечной деятельности при гипокинезии служат пусковым звеном для развития глубоких нарушений в деятельности систем вегетативного обеспечения мышечной работы, изменений минерального обмена и структуры костной ткани [5, 7, 8].

Коррекция и лечение двигательных и сенсорных нарушений

Эффекты влияния невесомости и гипокинезии занимают видное место в исследованиях космической медицины по разработке научно обоснованных методов предотвращения и снижения их неблагоприятных воздействий на организм. В частности, в результате изучения последствий длительной гравитационной разгрузки была сформулирована концепция о ведущей роли рецепторов стопы, создающих опорную афферентацию, в организации позы и поддержании мышечного тонуса. Эта концепция послужила обоснованием для разработки и применения метода компенсации опоры с целью коррекции двигательных расстройств в условиях невесомости и при гипокинезии [9].

Механостимулятор «Cupula SAND-501» — устройство для коррекции двигательных нарушений с использованием вибростимуляции стопы, впервые испытанное в советско-кубинском космическом полете, показало свою эффективность во время полета и в период вос-

становления [10]. Впоследствии при участии специалистов ИМБП была создана серия механостимуляторов: «Искусственная опора», «Медицинская обувь», «Компенсатор опорной нагрузки», «Пион». Все они, стимулируя кожные рецепторы стопы, воспроизводят функциональные эффекты опоры и способствуют профилактике и реабилитации двигательных нарушений и атрофии тонической мускулатуры. Устройство «Медицинская обувь» применяется в клинической медицине, преимущественно в неврологической практике для коррекции нарушений сенсомоторной системы, связанных с длительной иммобилизацией [9].

В настоящее время устройство «Пион» позволяет создавать механическую стимуляцию стопы в режиме естественных локомоций. Дальнейшее развитие механостимуляторов реализовано в виде имитатора ходьбы «Корвит», который применяется более чем в 30 медицинских учреждениях страны (рис.1).

Широко используются в клинике и нагрузочные костюмы, созданные с использованием космических технологий. Один из первых — костюм аксиального нагружения «Пингвин», предназначенный для компенсации де-

фицита проприоцептивной афферентной импульсации и увеличения нагрузки на мышцы и структуры скелета в условиях невесомости. Он был разработан ИМБП и фирмой «Звезда» и применялся в космических полетах с 1971 г. [11]. Костюм «Пингвин» используется во многих клиниках при лечении детского церебрального паралича, а в последние годы — для реабилитации пациентов с ишемией мозга и болезнью Паркинсона [12].

Космический костюм «Пингвин» послужил прототипом тренировочно-нагрузочного костюма «Адели» для лечения больных с нарушением позы и двигательной активностью в клинике лечения детского церебрального паралича (рис.2). С помощью амортизаторов костюм создает нагрузку на опорно-мышечный аппарат и помогает сгибать, разгибать и поворачивать туловище. Применение костюма «Адели» позволило выработать навыки ходьбы и закрепить новый двигательный стереотип у детей с тяжелыми двигательными расстройствами. В настоящее время костюм «Адели» используется более чем в 60-ти российских медицинских центрах и в зарубежных клиниках [12].

В развитие данного направления в «ООО Центр авиакосми-



Рис.1. Устройство «Корвит».



Рис.2. Костюм «Адели».



Рис.3. Костюм «Регент».

ческой медицины» при ИМБП создан лечебный костюм нового поколения «Регент» для лечения и реабилитации больных с нарушениями центральной нервной системы (рис.3). Этот костюм эффективен при лечении больных с двигательными расстройствами, вызванными очаговыми изменениями в головном мозгу после острых нарушений мозгового кровообращения в раннем и позднем восстановительном периодах, а также после инсульта и черепно-мозговых травм. Терапевтическое действие костюма «Регент» основано на восстановлении функциональных связей за счет корригирующего потока афферентной информации и улучшения трофики тканей, находящихся под нагрузкой. Его использование способствовало нормализации сложных двигательных актов.

При изучении гипокинезии в качестве профилактического средства и в ходе подготовки космонавтов используется вертикальная беговая дорожка «Подвеска» (рис.4). Это устройство весьма перспективно для лежачих пациентов с нарушениями локомоций.

Хорошим лечебным средством в клиниках служит наземная модель невесомости, так на-



Рис.4 . Стенд вертикальной беговой дорожки «Подвеска».

зываемая «сухая» иммерсия: человек помещается в ванну с водой и для предотвращения мацерации кожи изолируется от контакта с ней при помощи пленки (рис.5). В этих условиях происходит перераспределение

крови от ног к голове, что воспринимается рецепторами кровеносной системы как избыток жидкости в организме. В ответ на это возникают рефлексы, приводящие к выведению из организма избыточной жидкости,



Рис.5. Устройство «сухая» иммерсия.



Рис.6. Электромиостимулятор «Миостим».

благодаря чему «сухая» иммерсия оказалась эффективной в борьбе с массивными отеками, плохо поддающимися фармакологической коррекции. Использование «сухой» иммерсии оказалось также эффективным в неврологии для ранней диагностики скрытых медленно развивающихся неврологических процессов.

В комплексе бортовых тренажеров на борту космических станций используются разработанные в ИМБП электромиостимуляторы для стимуляции различных мышц, которые способствуют сохранению их силовых и скоростных характеристик, повышают статическую и динамическую выносливость. Для предотвращения негативных эффектов невесомости на станции «Мир» применялся автономный стимулятор «Миостим» (рис.6). Российские ученые совместно с австрийскими специалистами разработали и установили на Международной космической станции стимулятор «Стимул-01-НЧ», обеспечивающий продолжительную низкочастотную стимуляцию мышц, адресованную преимущественно тоническим двигательным единицам и направленную на профилактику и коррекцию мышечных нарушений при гравитационной разгрузке [13].

Костюмная конструкция стимулятора позволяет использовать его в течение длительного времени, что открывает новые возможности для клиники, в том числе в борьбе с заболеваниями, требующими постоянной стимуляции, в частности, у пациентов с ишемической болезнью сердца. Успешные испытания стимулятора проходили на кафедре кардиологии Московского государственного университета им. И.М.Сеченова.

Специалистами ИМБП и МГУ создан аппаратно-программный комплекс «Окулостим» для космических полетов с целью коррекции вестибуло-сенсорных нарушений. На его основе разработан и применяется в клинике компьютерный метод лечения, реабилитации и коррекции больных с неблагоприятными иллюзорными, вестибуло-окуломоторными и вестибуло-позными реакциями [14].

Идея применения искусственной силы тяжести, впервые высказанная К.Э.Циолковским, с 1970-х годов реализуется специалистами ИМБП для предотвращения неблагоприятных эффектов воздействия невесомости и гипокинезии в модельных наземных экспериментах и в экспериментах на животных, экспонированных на биоспутниках [15]. Этот подход получил развитие в Самарском государственном медицинском университете, где было установлено, что искусственная гравитация может оказывать терапевтические эффекты при различных заболеваниях, в первую очередь в травматологии и ортопедии [16].

Внедрение средств диагностики в клиническую практику

В космических полетах используется широкий комплекс медицинских приборов, часть из которых в настоящее время вошла в практическую медицину.

В первую очередь это бортовая аппаратура для диагностики, лечения и восстановления нарушений кардио-респираторной системы: «Варикард», «Аргумент», «Полином», «Чибис». В дополнение к ним применяются портативные приборы «Пульс» для оценки состояния вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы, «Карди-2» для оценки риска развития ишемии миокарда и аритмий, «Пневмокард» для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы, устройство «Резерв» для экспресс-оценки функционального состояния и резервных возможностей организма, прибор «Анна Флеш 3000» для оценки вегетативной регуляции в суточном цикле и прибор «Сонокард» для бесконтактной регистрации физиологических показателей во время сна (рис.7). Наземный аналог прибора «Сонокард» — «Кардиосон» нашел применение в клинике.

Лечебные дыхательные смеси и фармпрепараты

В космической медицине большое внимание уделяется изучению влияния на организм человека измененных параметров газовой среды — элементного состава, высокого и пониженного давления. Цель этих исследований состоит в оптимизации воздушной среды в космическом корабле и в скафандрах, в предотвращении и лечении декомпрессионных нарушений, возможных при внекорабельной деятельности космонавтов. В последнее десятилетие расширяется использование в клинике дыхательных смесей кислорода с инертными газами. С этой целью созданы дыхательные аппараты типа «Ингалит» (рис.8), применяемые в лечении больных с заболеваниями дыхательной и сердечно-сосудистой системы, неврозами различной этиологии, а также при реабилитации здо-

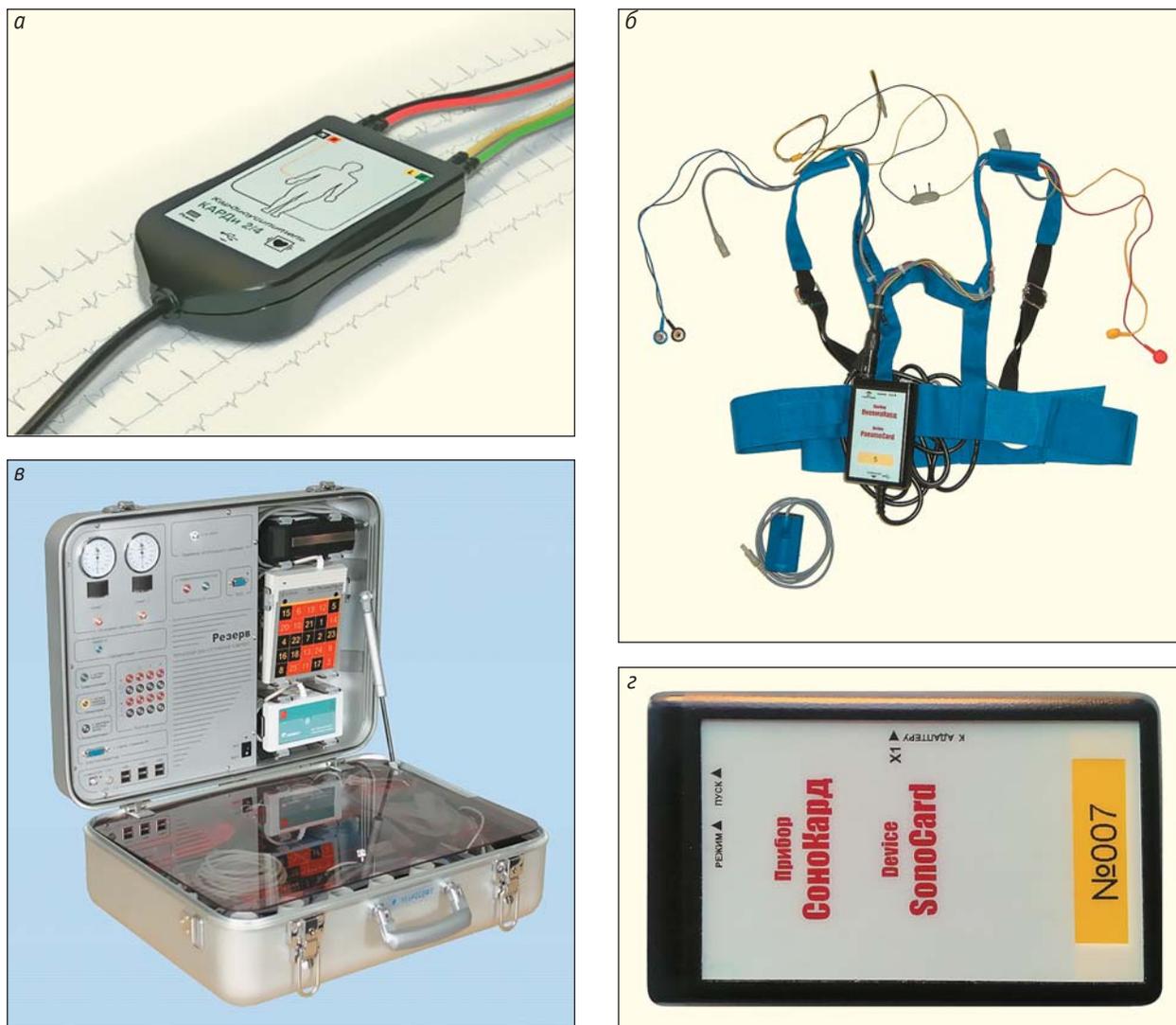


Рис.7. Средства для экспресс-диагностики: а — «Карди-2», б — «Пневмокард», в — «Резерв», г — «Сонокард».

ровых людей после тяжелых физических и психо-эмоциональных нагрузок и для общей анестезии [17].

Барокамерный комплекс ИМБП «ГВК-250» используется для лечения тяжелых и отдаленных последствий декомпрессионных расстройств. По состоянию на август 2011 г. такое лечение прошли 140 человек с декомпрессионной болезнью и баротравмой легких [18].

Для применения в космической медицине разработан целый ряд препаратов, способствующих поддержанию здоровья и работоспособности космонавтов. Среди них можно назвать

фенибут, обладающий адаптогенным и стрессопротекторным действием. Фенибут назначают при болезни Меньера, головокружениях, связанных с дисфункцией вестибулярного аппарата и для профилактики укачивания.

Препарат эстраглутон служит для защиты от переохлаждения и стабилизирует работоспособность человека в экстремальных условиях.

В ходе исследований по гипокинезии были испытаны вещества класса дифосфонатов, которые оказались эффективными в предотвращении деструктивных изменений костной

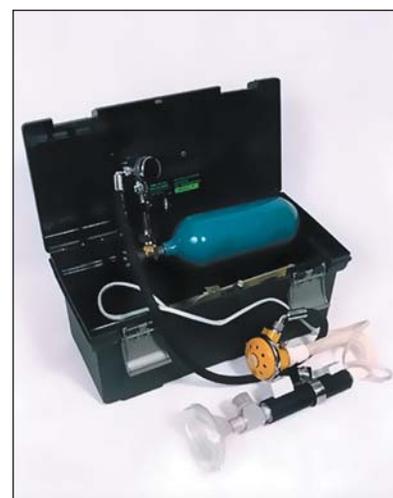


Рис.8. Прибор «Ингалит».

ткани [5]. Дифосфонаты широко используются для лечения и профилактики остеопорозов.

Пищевая добавка астровит повышает работоспособность, общую и иммунную устойчивость к неблагоприятным условиям.

Специалисты ИМБП совместно с Московским НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г. Н. Габричевского и Тартуского университета разработали бактериальные препараты (эубиотики) на основе штаммов

лактобацилл, активные по отношению к патогенным и условно патогенным микроорганизмам. Препараты бифидумбактерин и лактобактерин широко применяются для нормализации микрофлоры кишечника [19].

* * *

В интересах медицинского обеспечения космических полетов постоянно разрабатываются и испытываются новые методы и аппаратура для диагностики,

профилактики, лечения и реабилитации космонавтов, которые находят применение в здравоохранении. Возрастает интерес к внедрению достижений космической медицины в практику здравоохранения. Космическая медицина, постоянно обогащая медицину земную, в свою очередь широко использует достижения медицинской науки и практики. Этот взаимосвязанный процесс служит обеспечению здоровья человека и в космосе, и на Земле. ■

Литература

1. Grigoriev A.I. Health in Space and on Earth // World Health Forum. 1992. V.23. P.144—150.
2. Григорьев А.И., Баяевский Р.М. Концепция здоровья в космической медицине. М., 2007. 198 С.
3. Орлов В.А. Квантификация соматического здоровья человека на основе морфофункциональных показателей организма // Авиакосмич. и экологич. мед. 2008. Т.42. №3. С.3—7.
4. Revyakin Yu.G., Orlov O.I., Goncharov I.B. et al. Creation of integrated media of telemedical consultative service // Medicine in space and in extreme environments. 4th European Congress. Oct. 24—26. Berlin, 2007. P.34—35.
5. Григорьев А.И., Морюков Б.В. 370-суточная антиортостатическая гипокинезия (задачи и общая структура исследований) // Космич. биол. и авиакосмич. мед. 1989. Т.24. №5. С.47—50.
6. Козловская И.Б. Гравитационные механизмы в двигательной системе // Современный курс классической физиологии / Ред. Ю.В.Наточин, В.А. Качук. М., 2007. С.113—134.
7. Huntoon C.S., Grigoriev A.I., Natochin Yu.V. Fluid and Electrolyte Regulation in Space Flight. San Diego, 1998. V.94.
8. Оганов В.С. Гипокинезия — фактор риска остеопороза // Остеопороз и остеопатии. 1998. №1. С.13—17.
9. Kozlovskaya I.B., Vinogradova O.L. Theoretical basis and implementation areas of artificial support // Scientific Analytical Review. Berlin, 2001.
10. Корво Р.Э., Козловская И.Б., Крейдич Ю.В. и др. Влияние 7-дневного космического полета на структуру и функцию локомоторной системы человека // Космич. биол. и авиакосмич. мед. 1983. №2. С.37—48.
11. Барер А.С., Козловская И.Б., Тихомиров Е.П. и др. Влияние профилактического нагрузочного костюма «Пингвин» на метаболизм человека при движениях // Авиакосмич. и экологич. мед. 1998. Т.32. №4. С.4—8.
12. Семенова К.А. Восстановительное лечение больных с резидуальной стадией детского церебрального паралича. М., 1999.
13. Mayr W., Freilinger G., Rafolt R. et al. Functional electrostimulation as a countermeasure against muscular atrophy in long-term space flights // Proc. of the 5th internat. muscle symp. Zurich, 2000. P.59—61.
14. Kornilova L.N., Naumov I.A., Temnikova V.V. et al. The use of «Oculostim» hardware/software for prophylaxis, correction and elimination of vertigo and sensorimotor disturbances // Medicine in space and in extreme environments. 4th European Congress, Oct. 24—26. Berlin, 2007.
15. Котовская А.Р., Шипов А.А., Виль-Вильямс И.Ф. // Медико-биологические аспекты проблемы создания искусственной силы тяжести. М., 1996.
16. Котельников Г.П., Яшков А.В. Клинические аспекты применения гравитационной терапии в травматологии и ортопедии // XII конференция по космической биологии и авиакосмической медицине. М., 2002. С.186.
17. Павлов Б.Н., Смолин В.В., Баранов В.М. и др. Основы барофизиологии, водолазной медицины, баротерапии и лечения инертными газами. М., 2008.
18. Соколов Г.М., Анিকেев А.В., Тихомирова М.Е. Опыт лечения декомпрессионной болезни при позднем поступлении пострадавших // Вопросы гипербарической медицины. 2010. Вып.13. № 1—2. С.69—71.
19. Ильин В.К., Лизько Н.Н., Корнюшенкова И.Г. Пути оптимизации микробиоценоза космонавтов // Орбитальная станция «Мир». М., 2001. Т.1. С.114—120.