

ствовать на формирование здорового образа жизни, диспансеризацию как основного метода профилактики. Ориентация на развитие сохраняющих стратегий поведения обеспечит позитивную социализацию и профессионализацию студенческой молодежи. Отношение к здоровью предполагает не только создание соответствующих социально-гигиенических условий для нормального труда и отдыха, но и мотивацию. Не стоит забывать, что «здоровье человека – важный показатель его личного успеха».

Литература

1. Войт Л.Н., Ульянов В.П., Батин В.В. и др. Социологическое исследование состояния здоровья студентов-медиков и организации медицинской помощи студентам. Социология в медицине: теоретические и научно-практические аспекты (тезисы докладов Международной научной конференции). 1990. С. 140–143.
2. Вялков А.И. Управление и экономика здравоохранения: учеб. пос. для вузов. М.: ГЭОТАР Медицина, 2002. 327 с.
3. Добренчиков В.И., Кравченко А.И. Методы социологического исследования: учебник. М.: ИНФРА-М, 2004. 768 с.
4. Журавлева И.В. Здоровье студентов: социологический анализ / Отв. ред. И.В. Журавлева; Институт социологии РАН. М., 2012. С. 252
5. Капитоненко Н.А., Дьяченко В.Г., Киселев С.Н. и др. Здоровье населения Дальнего Востока и пути его улучшения. Владивосток: Дальпресс, 1999. 176 с.
6. Лаврова И.Г., Поспелова Л.Н. Формирование здорового образа жизни – важная задача высшей медицинской школы // Гигиена и санитария. 1987. №10. С.48–50.
7. Нефедовская Л.В. Состояние здоровья студенческой молодежи. М.: Литера, 2007. 192 с.
8. Сысоева О.В. Образ жизни и состояние здоровья студентов Дальневосточного государственного медицинского университета // Дальневосточный медицинский журнал. 2009. № 2. С. 108–110.
9. Щепин О.П. Проблемы здоровья населения РФ // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2001. №3. С. 3–10.

Статья поступила в редакцию 16.02.2017

Координаты для связи

Войт Любовь Николаевна, д. м. н., профессор, заведующая кафедрой общественного здоровья и здравоохранения ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России. E-mail: lyuba.voyt@mail.ru

Чередниченко Оксана Александровна, студентка лечебного факультета ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России.

Почтовый адрес ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России: 675000, г. Благовещенск, ул. Горького, 95.

УДК 611.08-019

**С.В. Зиновьев, С.С. Целуйко,
С.С. Селиверстов, М.М. Горбунов**

ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава
России
г. Благовещенск

МОРФОЛОГИЯ ДЕПО КАЛЬЦИЯ В ТКАНЯХ ОРГАНИЗМА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕВЕСОМОСТИ В ЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ

Реакция фиксации фосфолипидов кальций-формолом по Бейкеру является фундаментальным направлением в современной морфологии [2]. С учетом участия катионов кальция в метаболизме протеинкиназы, она объясняет роль кальция в качестве посредника гормональных реакций. Поэтому внимание анатомов, гистологов, цитологов, клеточных биологов привлекает гипотеза о существовании кальциевых депо клетки, как структурных эквивалентов функциональных изменений, появляющихся во время компенсации и адаптации. Эта гипотеза, наряду с изменением текучести клеточных мембран, является частью учения о стратегии адаптации. Переход ионов кальция из связанной в ионизированную форму приводит к изменению функции митохондрий, эндоплазматической сети и других частей клетки [37, 38, 40]. Сложная модификация морфобиохимической организации депо кальция в клетке направлена на регуляцию гена, гормональную рецепцию. Помимо костной ткани кальциевые депо есть в других клетках, например, в лимфоцитах и эпителиальных клетках канальцев почки. Они выявляются при дисфункции митохондрий у детей с тубулопатией [38]. Достоверными стандартными способами нами обнаружены кальциевые депо в эритроцитах, в лейкоцитах [8, 9, 11, 16]. Эти клетки имеют костно-мозговое происхождение. Установлено наличие структуры кальциевых депо в клетках тканей ацинуса легких [9, 10, 26]. Эндоплазматическая сеть, будучи производным от наружной ядерной мембраны, выполняет функцию депо кальция.

Нами при морфологическом исследовании установлена существенная и достоверная роль развития ядерной цитопатологии в изменении строения и функции депо кальция в клетке [10, 12]. Мы обнаружили, что появление структурированного депо кальция в клетке коррелирует с показателями: 1. микроядер в многослойном плоском неорого-

веающем эпителии полости рта человека, в составе которого так же содержатся безъядерные роговые чешуйки; 2. энуклеации ядра эозинофильных лейкоцитов в индуцированной мокроте и бронхоальвеолярном лаваже; ядерной деструкции лейкоцитов; 3. наличием кальциевого депо в безъядерных клетках-эритроцитах крысы; 4. патологической активации ядрышкового организатора – рибосомального гена в клеточных элементах органов дыхания.

Ионизация кальция обусловлена изменением кислотно-щелочного равновесия биологических жидкостей, в котором участвует гемоглобин [32]. Поэтому обращают на себя внимание результаты цитохимического исследования катионов кальция в эритроцитах и в «щелочных» гранулах эозинофильных лейкоцитов.

Грудная полость содержит легкие, сердце, пищевод и другие органы. Верхнее отверстие, нижнее отверстие, стенки грудной полости образованы ребрами, грудиной, позвонками, ключицами. Поэтому появляется идея о существенной роли костной и хрящевой ткани в механизме развития функциональной обратимой морфологии компенсаторных и регенераторных процессов органов грудной полости. У этой гипотезы есть прототипы. Известен механизм приобретенной деформации грудной клетки и пальцев при заболеваниях органов дыхания [7]. Имеется гипотеза Middleton E. (1980) о том, что существует взаимосвязь ионов кальция с фосфолипидами, которая имеет существенное значение в развитии бронхиальной астмы [34].

Во время космического полета происходят существенные кальций зависимые изменения гомеостаза организма, которые после

возвращения на землю снижают адаптивные возможности организма. Дальнейшее проживание в земных условиях и лечение последствий космического полета приводит к полному восстановлению здоровья космонавта [3, 4]. Отсутствие нагрузок на кости в условиях гипогравитации приводит к понижению минеральной плотности кости, что очень похоже на остеопороз [18]. Кости теряют кальций из участков, которые формируют суставы, то есть испытывают наибольшую нагрузку в земных условиях [19, 36]. Следовательно, поиск экспериментальной модели особенностей строения организма во время полета в космосе является фундаментальной научной проблемой.

Необходимость экспериментального исследования медико-биологических проблем невесомости обусловлена техническими габаритами космического корабля, так как они ограничивают возможности комплексного медико-биологического исследования во время космического полета или жизни земных организмов на других планетах [15]. Во время космического полета происходит существенное изменение гомеостаза организма космонавта. При воздействии невесомости реакция сердечно-сосудистой системы в значительной мере определяется отсутствием гидростатического фактора кровообращения. В условиях обычной гравитации при вертикальном положении тела возврат крови из вен нижних конечностей затрудняется давлением, обусловленным весом гидростатического столба крови от ног до уровня сердца [1, 4, 5].

Во время длительного космического полета развивается остеопороз, изменяется гидростатическое давление в венозных сосудах

РЕЗЮМЕ

В литературном обзоре освещена перспектива морфологического исследования депо кальция в тканях при гипогравитации. При изучении литературных источников установлена необходимость применения морфологических подходов к оценке экспериментального моделирования воздействия невесомости на организм в земных условиях. Выявлена актуальность стандартных способов гистохимического исследования локализации депо кальция в организме, а также исправления недостатков этих способов. В настоящее время отсутствует идеальный способ морфологического и биохимического исследования катионов кальция в биологических системах. Поэтому существует необходимость комплексного морфологического исследования депо кальция в клетках и тканях.

Ключевые слова: ионы кальция, гипогравитация, эксперимент.

DOI 10.22448/amj.2017.17.63-68

MORPHOLOGY DEPOT CALCIUM IN BODY TISSUES IN EXPERIMENTAL MODELING EFFECTS OF WEIGHTLESSNESS ON EARTH

S.V. Zinoviev, S.S., Tseluyko S.S. Seliverstov, M.M. Gorbunov

Abstract

The literature review covered the prospect of morphological studies of calcium in the tissues at the depot hypogravity. In the study of literature established the need for morphological approaches to the evaluation of experimental modeling of the impact of weightlessness on the body on Earth. Relevance standard methods revealed histochemical localization studies calcium depots in the body, as well as correcting the shortcomings of these methods. Currently, there is no perfect way of morphological and biochemical studies of calcium cations in biological systems. Therefore, there is need for a comprehensive study of morphological depot calcium in cells and tissues.

Key words: calcium ions, hypogravity, experiment.

большого и малого кругов кровообращения, происходит астенизация и инволюция мышц скелета [19, 20]. Существуют экспериментальные подходы к исследованию воздействия невесомости на земле [1, 28, 30, 31, 35, 36]. Моделью для изучения гипергравитации является центрифугирование. Острое центрифугирование используется для имитации гипергравитации, связанной с запуском и посадкой космического корабля. Хроническое центрифугирование используется для изучения долгосрочных последствий повышенной гравитации на биологические системы. Наземные модели были успешно использованы в исследованиях опорно-двигательного аппарата для проверки экспериментов космического полета и определения адаптации к космической среде. Преимуществом использования модели наземного базирования является способность более эффективно, чем в исследованиях в условиях космического полета, контролировать факторы окружающей среды.

Известна наземная модель для имитации воздействия гипогравитации у людей, которая осуществляется в постельном режиме с наклоном головы вниз на 6° , она инициирует изменения в жидкостях тела, сравнимые с теми, что испытывают космонавты во время орбитальных полетов [1]. Постельный метод, является достаточно эффективным при воспроизведении основных симптомов гипогравитации, которые появляются во время космического полета.

В исследованиях на грызунах модель Мори-Холтон (HLS) была использована для имитации основных физиологических эффектов гипогравитации. Модель включает в себя суспендирующие крыс хвостовым основанием для получения положения головы вниз 30° . Для изучения процессов имитации невесомости в земных экспериментах используют модель с вывешиванием крыс за хвост [27, 35, 36]. При этом крыса опирается о пол передними лапками, а вот задние как бы находятся в состоянии невесомости. Метод Мори-Холтон широко распространен в Национальном управлении по авиации и исследованию космического пространства США (НАСА) и космических агентствах других стран.

Суспендирование крыс осуществляется путем обёртывания двух третей хвоста ортопедической лентой. Это позволяет животным двигаться свободно в специально предназначенных клетках. Критериями эффективности эксперимента были следующие показатели: измерение массы тела животного, массы камбаловидной мышцы и массы надпочечников. Для изучения невесомости, в которой использовали модель хвост-подвески, доказано влияние микрогравитации на структуру ткани и функции яичка у половозрелых самцов крыс.

Следовательно, установлено гормональное влияние на минерализацию костей при гипогравитации [28, 35, 36].

В исследованиях на животных было установлено, что гипокинезия вызывала достоверное снижение массы пяточной, плечевой, большеберцовой и бедренной костей. Исследование опорно-двигательного аппарата показало, что в большеберцовых костях развился остеопороз. Об этом могли свидетельствовать повышение васкуляризации компактной кости, увеличение размеров остеонов и гаверсовых каналов, а также деструкция остеонов и расширение костномозговых полостей. Развитие остеопороза явилось результатом усиления процессов резорбции костной ткани. Одновременно происходит угнетение остеогенеза [17, 18, 19, 20].

Естественно, что возникает сомнение в репрезентативности этого метода экспериментального исследования гипогравитации. Исследования невесомости касаются большого набора способов коррекции изменения гемодинамики и опорно-двигательного аппарата, которые используются в современной медицине [3, 4, 20]. При компетентной экспертной оценке способов экспериментальной гипогравитации и микрогравитации следует все-таки учесть, что используемые средства фиксации животных имеют и лечебное значение. После космического полета космонавт возвращается в условия жизни уже с высокой гравитацией. Транспульмональное или трансторакальное давления во время гравитационной перегрузки оказывают существенное влияние на внутригрудную гемодинамику. Это касается внутрибрюшного давления [3, 5, 15].

В условиях постоянного положительного или отрицательного давления в грудной полости трансформация соотношений физических параметров, определяющих биомеханику дыхания и внутригрудную гемодинамику, может являться фактором, формирующим изменение давления наполнения сердца. Таким образом, во время нахождения в условиях невесомости истощаются компенсаторные и адаптивные резервы организма, которые необходимы для жизни в условиях земной или планетной гравитации. При ускорениях происходит смещение крови, которое изменяет давление в кровеносном русле, вызывая рефлекс, направленные на преодоление этих изменений. Воздействие перегрузок, затрудняет фазу вдоха, так как грудная клетка при этом сжата, изменяется подвижность диафрагмы. Нарушения внешнего дыхания проявляются в уменьшении дыхательного объема и жизненной емкости легких при одновременном увеличении частоты дыхания.

Следует отметить, что существует возможное нарушение процессов терморегуляции

организма при воздействии гипогравитации на организм, значение которого не совсем понятно. Существуют разные взгляды на роль ионов кальция при гипотермии. Установлено, что введение цитратной крови, оксалата аммония в организм вызывает или усиливает гипотермию у пациентов [17, 39]. В то же время доказан позитивный характер реакции центральной гемодинамики и реологии микроциркуляторного русла при введении ЭДТА в организм в качестве комплексона кальция при экспериментальной гипотермии при условии уретанового наркоза [6].

Убедительно доказано существование холодовой гиперреактивности бронхов, которая регулируется TRP8-ментоловыми рецепторами. Эти рецепторы выполняют функцию ионных каналов, необходимых для накопления кальция в клетке [21, 22]. В то же время ментол является прооксидантом и вызывает нарушение функции эритроцитов. Доказано, что ванилин выявляет высшие спирты и антиоксиданты в мембране эритроцита [11]. Ребра и другие кости грудной клетки и плечевого пояса участвуют в исполнении функции внешнего дыхания. Необходимо учитывать гидростатический фактор венозного возврата по легочным венам к левому предсердию, при наличии остеопороза. Доказана необходимость исследования гистофизиологии диафрагмальной доли левого легкого, диафрагмы крыс в качестве модели, необходимой для изучения кальций-регуляторных систем венозного возврата к сердцу [9, 24].

Существует большая проблема экспериментального и клинического морфологического исследования кальциевых депо в норме и патологии. На всероссийском симпозиуме в г. Черноголовке (СЭМ–2013, 2014, 2015), других научных конференциях были высказаны рекомендации ведущих и главных специалистов в области элементного анализа (нейтронно-активационный анализ, рентген-спектральный анализ, дифракция отраженных электронов) вещества и твердых тел [13, 33]. Эти рекомендации указывают на правомерность мнения морфологов о том, что органомерия, морфометрия и кристаллография остаются основными подходами к исследованию кальциевых депо и других веществ в организме [10, 23, 26]. Решение этой проблемы может вызывать споры в случае использования уже давно и хорошо известных методов конфокальной и флуоресцентной микроскопии живой клетки.

За исключением костей современная физиология имеет мало данных о способах выявления депо кальция, железа, цинка и других. В настоящий момент имеются основания для морфометрической оценки изменения содержания кальция в клетке или оценки, которая осуществляется путем исследования клеточ-

ного профиля. Доказана специфичность гистохимической окраски дитизином, как способа выявления депо цинка [23]. Гистология и цитология обладают существенным понятийным аппаратом о строении депо кальция в клетке, давно известным создателям классической радиационной морфологии [25]. Катионы кальция гистохимически надежно выявляются оксалатом аммония, ализарином красным С (ETTON method), а также антимоном и тетраоксидом осмия. Эти способы являются международными стандартами гистохимии кальция [27].

Обращает на себя внимание химия антимонового способа изучения гистохимии катионов кальция и натрия. Существуют гипотезы об альтернативных путях синтеза макроэргов, содержащих фосфаты и транспорта ионов через мембрану при участии мышьяка и антимоноата [42]. Тетраоксид осмия является специфическим окислителем свободного тимина, что используется в способах полимеразно-цепной реакции в случае изучения генов [29]. Антимоноатовый буфер обладает свойствами амфотерности, в кислой среде он демонстрирует основные свойства, а в щелочной среде – кислотные. Это необходимо учитывать при получении осмиевой черни, которая зависит от наличия катионов натрия, наличия кислот и оснований. Антимоноат и тетраоксид осмия позволяют надежно выявлять фосфорилирование нуклеотидов в присутствии натрия и кальция [2, 26]. Ализарин красный С, будучи антиоксидантом, содержит сульфитную группу. Эти свойства традиционных способов гистохимии кальция необходимо учитывать в аспекте развития полимеразно-цепной реакции и секвенирования генов, например, бисульфитного секвенирования [41].

Установлено, что ализарин красный С окрашивает ядра клеток, содержащихся в мокроте [12]. Не исключено, что ализарин красный С участвует в выявлении паттернов цитозина и уридина, содержащихся в нуклеотидных последовательностях одноцепочечных нуклеиновых кислот. Аргентофинные и аригрофильные цитохимические тесты указывают на участие уридина в метаболизме тимина, цитозина в нуклеиновых кислотах, обмене липидов, уроновых кислот, аскорбиновой кислоты и других, а также кальция [12].

Значение метилирования ДНК при участии малых РНК подтверждено при секвенировании и программировании генов [42]. Это повышает роль сравнительной анатомии и экспериментальной морфологии, как ведущего фундаментального направления в медицине. Поэтому следует учитывать, что модификация дифференцировки стволовой клетки в случае мутагенеза сопровождается модификацией кальциевого депо в клетке [25]. Таким образом, существует необходимость комплексно-

го морфологического и биохимического исследования депо кальция в клетках и тканях в условиях экспериментальной гипогравитации.

Литература

1. Баранов М.В. Метод наземного моделирования физиологических эффектов пребывания человека в условиях гипогравитации/ М.В. Баранов, В.П. Катунцев, А.В. Шапов и др. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2015. № 9. С.392–396.
2. Гайер Г. Электронная гистохимия. М., Мир, 1974. 488 с.
3. Гехт А.Б. Применение лечебных костюмов аксиального нагружения в нейрореабилитации/Гехт А.Б., Козловская И.Б., Галанов Д.В. и др. // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2010. № 8. С. 55–59.
4. Григорьев А.И. Физиологические проблемы пилотируемой экспедиции на Марс //Российский физиологический журнал. 2007. № 5. С.473–484.
5. Донина Ж. А. Динамика показателей биомеханики дыхания и внутригрудной гемодинамики при моделировании микрогравитации/Ж. А. Донина, И. Н. Лаврова, М. А. Тихонов и др. // Российский физиологический журнал. 2005. Т. 91, № 9. С. 1091–1096.
6. Иванов К.П., Арокина Н.К Поддержание сердечно-сосудистой функции у глубоко охлажденного гомеотермного организма физиологически-ми методами без внешнего отогревания // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2015. № 10. С. 400–402.
7. Электронное издание на основе: Детская хирургия: национальное руководство/Под ред. Ю.Ф. Исакова, А.Ф. Дронова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 1168 с.
8. Зиновьев С.В. Локализация ионов кальция на мембране эритроцитов кролика при общем охлаждении организма // Диагностика состояния дыхательной системы (Материалы XVII сессии СО АМН СССР). Благовещенск, 1988. С. 5–8.
9. Зиновьев С.В. Гистохимическая характеристика венозного русла респираторного отдела легких экспериментальных животных, подвергнутых хроническому переохлаждению, после введения в организм дигидрохверцетина // Бюллетень физиологии патологии дыхания. 2012. №45. С. 57–61.
10. Зиновьев С.В. Гистохимическая характеристика локализации ионов натрия в органах дыхания экспериментальных животных при общем охлаждении организма на фоне введения цитопротектора дигидрохверцетина/Зиновьев С.В., Целуйко С.С., Чжоу С.Д. и др. //Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2013. Вып. 48. С. 70–76.
11. Зиновьев С.В. Гистохимическая характеристика клеток периферической крови при коррекции дигидрохверцетином общего переохлаждения организма в течение 10 дней Материалы V Съезда врачей-пульмонологов Сибири и Дальнего Востока/под общ. ред. чл.-корр. РАМН В.П. Колосова. Благовещенск. 2013. С. 180–163.
12. Зиновьев С.В. Цитохимическая характеристика локализации катионов кальция и натрия в клетках индуцированной мокроты и бронхоальвеолярной лаважной жидкости у больных бронхиальной астмой / С.В. Зиновьев, Г.В. Семенова, С.С. Целуйко и др. // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2014. Вып. 52. С. 52–56.
13. Зиновьев В.Г. Расчетные методы для нейтронно-активационного анализа больших образцов нефти / В.Г. Зиновьев, И.А. Митропольский, Ю.Е. Логинов, и др. //Атомная энергия. 2014. Т. 116. № 2. С. 89–94.
14. Катунцев В.П. Российский опыт медицинского обеспечения внекорабельной деятельности космонавтов, проведенной с борта Международной космической станции, в 2001–2015 гг./ В.П. Катунцев, Ю.Ю. Осипов, С.Н. Филипенков и др. //Медицина экстремальных ситуаций. 2016. №1. С. 8–18.
15. Коваленко Е.А. Лосев Н.И. О проблеме болезни невесомотии// Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 2000. № 2. С. 9–12.
16. Луценко М.Т., Андриевская И.А. Способ оценки устойчивости мембран эритроцитов при обострении цитомегаловирусной инфекции путем измерения гистохимическим методом содержания ионов кальция в эритроцитах периферической крови беременных. Патент России 2563827. 2015. Бюл. № 26.
17. Нешина Е.И., Власов Б. Я. Способ моделирования гипотермии. Патент России № 2024070. 2001, Бюллетень. 27.
18. Оганов В.С. Костная система, невесомоть и остеопороз. М.: Слово, 2003. 260 с.
19. Оганов В.С. Изменения костной ткани человека в космическом полете: о возможных механизмах остеопении/В. С. Оганов, А.В. Бакулин, В.Е. Новиков и др. //Журнал остеопороз и остеопатии. 2005. Вып. № 2. С. 2–7.
20. Оганов В.С. Особенности локальных реакций скелета человека в условиях невесомоти и при медикаментозной коррекции остеопороза в клинике/В.С. Оганов, И.А. Скрипникова, В.Е. Новиков и др. //Авиакосмическая и экологическая медицина. 2011. № 4. С. 16–21.
21. Пирогов А.Б. Воспалительный паттерн слизистой оболочки бронхов у больных бронхиальной астмой с гиперреактивностью дыхательных путей на гипоосмолярный стимул/А.Б. Пирогов, А.Г. Приходько, Ю.М. Перельман и др. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2016. Т. 161. № 4. С. 542–546.
22. Приходько А.Г., Перельман Ю.М., Колосов В.П. Гиперреактивность дыхательных путей. Владивосток: Дальнаука, 2011. 204 с.
23. Саяпина И.Ю. Реактивные изменения эпителия предстательной железы, индуцированные холодовой адаптацией/И.Ю. Саяпина, С.С. Целуйко, О.А. Чередниченко//Дальневосточный медицинский журнал. 2016. № 1. С. 78–82.
24. Тиханов В.И. Морфологические особенности диафрагмальной доли левого легкого крыс при длительной холодовой нагрузке при введении прозерина/В.И. Тиханов, С.В. Зиновьев, С.С. Целуйко и др. // Амурский медицинский журнал. 2015. № 1(5). С. 52–53.
25. Токин И.Б. Проблемы радиационной цитологии. Л.: Медицина, 1974. 313 с.
26. Целуйко С.С. Способ дополнительного электронноплотного контрастирования нуклеиновых кислот в ядре и цитоплазме при гистохимическом выявлении катионов натрия в ультраструктурах клеток и тканей /С.С. Целуйко, С.В. Зиновьев, Д.П. Решодько и др. Патент России № 2557931. 2015. Бюл. № 13.
27. Bensimon-Brito A. Revisiting in vivo staining with alizarin red S - a valuable approach to analyse zebrafish skeletal mineralization during development and regeneration / A. Bensimon-Brito, J. Cardeira, G. Dionísio, et al. // Witten Contributed equally BMC Developmental Biology BMC series – open, inclusive and trusted. 2016: 16:2.
28. Ye Ding, The effect of microgravity on tissue structure and function of rat testis/Ye Ding, Jin Tang, Jun Zou, Ruiping She, et al.// Braz J Med Biol Res. 2011, Volume 44(12): 1243-1250.
29. Fojta M. “Multicolor” electrochemical labeling of DNA hybridization probes with osmium tetroxide complexes. / M. Fojta, P. Kostecka, M. Trefulka, et al. //Anal. Chem. 2007. 1. 79 (3): 1022-1029.
30. Ferreira A. An Alternant Method to the Traditional NASA Hindlimb Unloading Model in Mice / Ferreira A., Crissey J. M., and Brown M. //J. Vis. Exp. 2011, (49): 2467.
31. Globus R.K. and Morey-Holton E.R. Skeletal Biology of Spaceflight Gravitational and Space Biology. 2009. 22 (2): 3-12.
32. Jacobs D., DeMott W., Oxley D. Laboratory test handbook, Lexi-comp. 2004, pp. 328–329
33. Van Leer B. 3 D Morphological and Elemental Analysis of

Interconnect Materials using dual Beam //XVIII российский симпозиум по растровой электронной микроскопии и аналитическим методам исследования твердых тел. Черногоровка; 2013. С. 2–4.

34. Middleton E. Antiasthmatic drug therapy and calcium ions. Review of pathogenesis and role of calcium // J. Pharm Sci. 1980. Vol. 69. P. 243–251.

35. Morey-Holten E.R., Globus R.K. The hindlimb unloading rodent model: technical aspects. //J Appl Physiol. 2002, 92: 1367–1377.

36. Morey-Holton E. The hindlimb unloading rat model: literature overview, technique update and comparison with space flight data / Morey-Holton E., R.K. Globus, A. Kaplansky and et all. //Advances in Space Biology and Medicine. 2005. 10: 7- 40.

37. Michael R. Duchon mitochondria and calcium: from cell signalling to cell death // The Journal of Physiology. Volume 529. Issue 1: 57- 68.

38. Orrenius S. Calcium and mitochondria in the regulation of cell death/ Orrenius S., Gogvadze V., Zhivotovsky B. // Biochem Biophys Res Commun. 2015. 24, 460(1):72-81.

39. Refaai M.A., Blumberg N. The transfusion dilemma-Weighing the known and newly proposed risks of blood transfusions against the uncertain benefits. //Best Pract Res Clin Anaesthesiol. 2013, 27: 17-35.

40. Szabadkai G. Chaperone-mediated coupling of endoplasmic reticulum and mitochondrial Ca²⁺ channels. / Szabadkai G., Bianchi K., Várnai P., et al. //J Cell Biol. 2006. 175:901-11.

41. Yuanyuan Li and Trygve O. Tollefsbol DNA methylation detection: Bi-sulfite genomic sequencing analysis Methods Mol Biol. 2011, 791: 11–21.

42. Zangi R., Filella M. Transport routes of metalloids into and out of the cell: A review of the current knowledge // Hemo-Biological Interactions. 2012. V. 197: P. 47–57.

Статья поступила в редакцию 01.03.2017

Координаты для связи

Зиновьев Сергей Викторович, ст. н. с. ЦНИЛ ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России. E-mail: sinowev@mail.ru

Целуйко Сергей Семёнович, д. м. н., профессор, проректор по НР ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России, заведующий кафедрой гистологии и биологии ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России.

Селиверстов Сергей Сергеевич, к. м. н., заведующий кафедрой анатомии и оперативной хирургии ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России.

Горбунов Михаил Михайлович, ст. н. с. ЦНИЛ ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России.

Почтовый адрес ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России: 675000 Амурская область, г. Благовещенск, ул. Горького, 95.

УДК 577.2:616-082:616-035.1

**П.Е. Бородин, Е.А. Бородин,
В.В. Войцеховский**

ФГБОУ ВО Амурская ГМА
Минздрава России
г. Благовещенск

ДИСКУССИИ

ОТ МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ К МОЛЕКУЛЯРНОЙ И ПЕРСониФИЦИРОВАННОЙ МЕДИЦИНЕ – МЕДИЦИНЕ XXI ВЕКА

В апреле 1953 года в журнале Nature была опубликована статья Джеймса Уотсона и Фрэнсиса Крика «Молекулярная структура нуклеиновых кислот, строение дезоксирибонуклеиновой кислоты» [6]. Именно с этой публикацией связывают возникновение новой биологической науки – молекулярной биологии – науки о молекулярных основах жизни, т.е. механизмах хранения, воспроизведения, передачи и реализации генетической информации, структуре и функциях молекул биополимеров – нуклеиновых кислот и белков [10].

В статье предлагалась трехмерная пространственная модель молекулы ДНК в виде двойной спирали. Из модели вытекал принцип матричных синтезов, т.е. синтезов, при которых информация о структуре синтезируемой молекулы закодирована в строении молекулы-матрицы. На матрице молекулы ДНК синтезируется молекула иРНК, которая, в свою очередь, является матрицей для синтезируемой на рибосомах полипептидной цепи белка. Благодаря этому открытию и предложенному на его основе направлению считывания генетической информации ДНК–РНК–белок, получившему название центральной догмы молекулярной биологии, последняя получила всеобщее признание (рис. 1). Молекулярная биология использует собственные методы исследования – геной инженерии, клонирования клеток и организмов, искусственной экспрессии и нокаута генов. В XX веке молекулярная биология добилась потрясающих результатов, объяснив молекулярные основы важнейших проявлений жизнедеятельности – хранения и передачи генетической информации, иммунитета, клеточного дыхания, апоптоза и другое, а также молекулярные механизмы происхождения важнейших болезней человека.

Термин «молекулярная болезнь» впервые использовал в 1949 г. Лайнус Поллинг применительно к серповидно-клеточной анемии – заболеванию, обусловленному точечной мутацией, сопровождающейся заменой отрицательно заряженной глутаминовой кислоты в 6 положении β-цепи гемоглобина на гидрофобную аминокислоту валин, и приводящей к резкому уменьше-