

© Клиорин А.И., 2007

А.И. Клиорин

НЕВЕСОМОСТЬ И ЕЕ АМНИОТИЧЕСКАЯ ИМИТАЦИЯ: ПЕРСПЕКТИВЫ КОСМИЧЕСКОЙ ПЕДИАТРИИ

Российская военно-медицинская академия, Санкт-Петербург

2007 год отмечен замечательными юбилеями, связанными с освоением космоса: 150-летием со дня рождения основоположника современной космонавтики Константина Эдуардовича Циолковского, 100-летием со дня рождения его великого последователя Сергея Павловича Королева, 50-летием со времени запуска первого искусственного спутника Земли.

Далее была открыта новая эра в развитии цивилизации — состоялся полет в космос Юрия Алексеевича Гагарина. Одним из важных достижений этой эпохи явилось создание и развитие космической биологии и медицины (КБИМ), в частности, исследования влияния невесомости*, т. е. микрогравитации (МГ) на живые объекты, включая человека и плацентарных млекопитающих.

Развитие КБИМ, эффекты невесомости и ее имитации. В нашей стране КБИМ интенсивно развивается с участием в прошлом и настоящем множества выдающихся ученых, среди которых академики В.В. Парин, В.Н. Черниговский, О.С. Газенко, А.И. Григорьев, В.М. Баранов, Ю.В. Наточин, Н.М. Сисакян, К.В. Смирнов, А.М. Уголев.

По значимости вклада в мировую науку приоритетные достижения Института КБИМ нам представляется правомочным сопоставить с творчеством И.П. Павлова, его сотрудников и учеников, создавших учение о высшей нервной деятельности.

КБИМ посвящена обширная литература. Стал классическим ряд монографий, в числе которых «Космическая биология и медицина» [1], «Невесомость» [2]. Убедительная картина достижений отечественной КБИМ представлена в интернете в текстах сотрудников Института медико-биологических проблем РАН. В частности, показано существенное влияние МГ на организм космонавта, что создает одну из основных проблем освоения космоса. Однако многие из механизмов, обеспечивающих жизненно важные функции организма, оказались малочувствительными или нечувствительными к условиям МГ.

В первые часы орбитального полета имеет место нарушение вестибуло-двигательных функций, приводящее к временной потере пространственной ориентации, а также перераспределение жидких сред в организме (сво-

бодной воды, крови, лимфы). Далее выявляются нарушения, касающиеся главным образом опорно-двигательного аппарата (атрофия мышц и снижение прочности костей в результате потери кальция), кроветворной системы (анемический синдром) и системы иммунитета. Соответственно, в процессе подготовки человека к полетам на космическом корабле важное место отводится тренировкам, способствующим адаптации к МГ и гипокинезии.

Выдающийся физиолог В.В. Парин и соавт. так определили значение помещения человека в бассейн с жидкостью: «Некоторое подобие статической невесомости создается, если поместить человека в бассейн с жидкостью, плотность которой равна средней плотности его тела. В этом случае гравитационные силы уравновешиваются поверхностным давлением жидкости, создающим по закону Архимеда выталкивающую силу» [1]. В результате 7-дневного пребывания испытуемых в водной среде у них наблюдались существенные изменения сердечно-сосудистой системы, мышечных функций, координации движений, способности к ориентации в пространстве и др. Авторы вместе с тем отметили, что полная имитация невесомости в таких условиях не достигается, так как не выключаются гравитационные рецепторы внутренних органов.

У животных, экспонированных в условиях невесомости в течение 1–3 недель, отмечены инволюция лимфоидных органов, атрофия мышечной ткани, остеопороз, снижение иммунореактивности, напоминающие изменения, развивающиеся при старении. Эти изменения были обратимыми и при возвращении на Землю достаточно быстро нивелировались [3].

Имитация невесомости в обыденной жизни человека; иммунитет плода. Имитация невесомости по преимуществу рассматривается в связи с проблемой подготовки космонавтов к предстоящим полетам. Между тем, большое значение имеет существование ситуаций, имитирующих невесомость и в обыденной жизни человека. Внутриутробное развитие плацентарных млекопитающих, плоды которых значительное время находятся в иммерсионной среде в условиях, близких к невесомости, способствовало их успешному распространению на нашей планете.

Вместе с тем плод, как и ребенок раннего возраста, характеризуется особенностями реактивности, предрас-

* При полете в космическом аппарате вес тела уменьшается в миллион раз.

полагающими к развитию инфекции и сепсиса. Отнюдь не все беременности завершаются благополучными родами. В настоящее время, по данным отечественных авторов, среди новорожденных половина или более оказывается больными.

Как известно, в патогенезе токсикозов беременности весьма велика роль иммунологического конфликта, гестоз беременных трактуется как конфликт в системе «мать–плацента–плод» [4].

Особенностями иммунитета компонентов этой системы обеспечивается одно из условий сосуществования ее генетически различных организмов. При этом в норме имеет место снижение иммунореактивности матери. Подавление реакций клеточного иммунитета клинически проявляется высокой чувствительностью беременных к инфекциям, особенно вирусным. Установлена также «супрессорная направленность реакций иммунной системы плода». У плода и новорожденного имеет место функциональная незрелость циркулирующих Т-, а также В-лимфоцитов [5]. Аналогичные данные свидетельствуют о низком иммунитете плодов плацентарных млекопитающих животных [6].

Иммунитет млекопитающих в условиях космического полета. Исследования отечественных ученых показали первостепенную роль невесомости как фактора, определяющего особенности системы иммунитета человека и экспериментального животного в условиях космического полета. У животных, экспонированных в условиях невесомости в течение 1–3 недель, наряду с другими изменениями наблюдаются инволюция лимфоидных органов, снижение иммунореактивности, напоминающие картину, типичную для старения. В невесомости существенно изменены свойства Т-лимфоцитов при сохранении их пролиферативной активности, наблюдаются признаки Т-клеточной иммунологической недостаточности. На основании этих исследований сделано заключение о том, что особенности системы иммунитета в долговременном космическом полете создают опасность развития инфекционных заболеваний, а в случае возникновения септических процессов — их более тяжелого течения.

Работы ряда иностранных авторов подтвердили данные российских ученых и дополнили их результатами некоторых биохимических, морфологических и генетических исследований. Американский биохимик Милли Хьюз-Фулфорд, в прошлом астронавт, и ее соавторы из Италии и Швейцарии выявили цепь событий, которые обеспечивают реакцию иммунной системы на патогены при действии силы тяжести. В норме бактерии и вирусы атакуются Т-клетками. Эти лимфоциты становятся активными в результате работы 99 генов, обусловленной гравитацией. В условиях искусственно созданной МГ 91 ген не индуцируется вообще, а 8 генов подавлены настолько, что не способны активировать губительные для инфекционного агента, но спасительные для организма Т-клетки иммунной системы [7]. Известные в настоящее время результаты исследований иммунитета космонавтов и экспериментальных животных, находящихся в условиях МГ, имеют значение не только для КВИМ. В частности, возможно, что они проливают свет на причины и механизм

низкой иммунореактивности плода, а также объясняют ее повышение в постнатальном онтогенезе ребенка. Сходство особенностей функционирования внутриутробно развивающегося плода и организма космонавта едва ли ограничивается только особенностями иммунитета.

Вместе с тем следует считаться и с тем, что множество живых объектов природы демонстрирует замечательное свойство решать одну и ту же задачу разными способами. Соответственно, развитие этой темы мы видим, в частности, в изучении генома плода с целью характеристики генов, репрессированных в условиях «амниотической невесомости», а также структуры его клеток и соответствующих процессов метаболизма.

В обыденной жизни плод, пока он находится в амниотической жидкости, оказывается в условиях, близких к невесомости, а новорожденного с точки зрения действия на него сил гравитации можно сравнить с космонавтом, возвратившимся на Землю.

Особенности развития плода млекопитающего в условиях МГ. Л.В. Серова [8] представила наблюдения результатов полета на биоспутнике самок крыс в течение последней $\frac{1}{3}$ беременности, Ronca A.F. и Alberts J.R. [9] — с 11-го до 20-го дня. Продолжительность беременности у этих животных составляет 22 дня. После возвращения на Землю роды прошли нормально, не найдено отличий в количестве детенышей, лишь несколько меньше была масса их тела, а в экспериментах американских авторов средний размер помета не отличался от контроля. Вместе с тем состояние беременных самок в полете существенно нарушалось. Эти данные рассмотрели с точки зрения преимущественного развития плода за счет материнского организма. Следует отметить также, что для плода космическая невесомость не явилась радикальным изменением условий развития, поскольку и на Земле он находился в «амниотической невесомости». Это нельзя сказать про беременную самку, попавшую из условий гравитации Земли в космическую МГ.

Имеются и другие показатели исключительных особенностей развития плода. Процесс регенерации у позвоночных находится под контролем мощной белковой сигнальной системы Wnt. При активировании Wnt у цыплят снимается запрет на регенерацию тканей и взамен удаленного развивается нормальное крыло. Включая и выключая несколько ключевых генов, Хуан Бельмонте и соавт. [10] изменяли способность у разных видов позвоночных регенерировать конечности, восстанавливать кровеносные сосуды и различные ткани. Члены белкового семейства Wnt играют ключевую роль в процессах деления клеток, росте тканей и органов, при развитии эмбриона.

При рассмотрении этих данных чрезвычайно важным является факт снижения регенерационной способности органов и тканей у взрослых высокоорганизованных животных, находящихся в невесомости. В тех же условиях МГ у плода млекопитающего, как показано выше, развитие органов и тканей происходит практически нормально, хотя механизмы развития организма и регенерации имеют много общего. Эти данные могут

служить дополнительным доводом в пользу существования у плода млекопитающего повышенной способности противостоять неблагоприятным эффектам МГ. Представленные здесь положения относительно значения «амниотической невесомости» для развития плода млекопитающего в условиях МГ, разумеется, требуют дальнейших проверки и изучения. Его удовлетворительное развитие, естественно, не следует связывать только с исходной «амниотической невесомостью». У плода отсутствует внешнее дыхание, функции которого у космонавта в условиях МГ нарушаются. Активность пищеварительного тракта плода является лишь следствием заглатывания амниотической жидкости, что несопоставимо со значением пищеварения для взрослого человека, весьма существенно нарушаемого в космическом полете.

Для понимания закономерностей развития плода плацентарного млекопитающего в условиях МГ весьма важно также наблюдать и тот период беременности, когда ближе к моменту родов детеныш уже не оказывается в «амниотической невесомости». Независимо от механизмов, определяющих удовлетворительное развитие плода плацентарного млекопитающего в условиях МГ, этот факт обогащает сведения о замечательных свойствах системы мать–плацента–плод. Процессы, определяющие способность системы в экстремальных условиях МГ обеспечивать потребности плода, должны стать предметом дальнейшего глубокого изучения.

Недавно показано существование системы плода, для которой необходим гравитационный стимул. Речь идет о

нарушении развития вестибулярного аппарата в условиях МГ [9]. Этот факт, как и множество других, включая импринтинг, рассматриваются нами как уточнение программы развития на ранних этапах онтогенеза.

Таким образом, удовлетворительное развитие плода плацентарного млекопитающего в космическом полете рассматривается нами в связи с его исходным пребыванием в «амниотической невесомости», с замечательными свойствами системы «мать–плацента–плод». Мы полагаем, что у космонавта в условиях невесомости повторно функционируют механизмы, которые в период внутриутробного развития организма определяли особенности его развития, в частности — иммунной системы.

Современные сведения КБИМ по преимуществу основаны на наблюдениях процессов, имеющих место в условиях невесомости у здоровых космонавтов и экспериментальных животных. Фактически речь идет о физиологии экстремального состояния организма. В дальнейшем же будет необходимо также решать традиционные профилактические и терапевтические задачи, учитывая особенности условий космического полета.

Множество проблем, решаемых традиционной медициной, актуально и в медицине космической, в частности, в космической педиатрии. Уже в настоящее время врачи разных специальностей могут способствовать созданию и развитию космических медицинских дисциплин. Для этого необходимы постановка такой задачи и готовность ее решать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Космическая биология и медицина. Под ред. В.В. Парина. М.: Просвещение, 1970.
2. Невесомость (Медико-биологические исследования). Под ред. В.В. Парина, О.Г. Газенко, Е.М. Юганова и др. М.: Медицина, 1974.
3. *Оганов В.С.* Гравитационная физиология костно-мышечной системы. www.imbp.ru/webpages/win1251/Science/UchSov/Docl/docl.html. М., 2004.
4. *Ахмина Н.И.* Антенатальное формирование здоровья ребенка. М.: МЕДпресс-информ, 2005.
5. *Макагон А.В., Леплина О.Ю., Пасман Н.М. и др.* Онтогенетические особенности иммунитета плода во втором триместре беременности. Бюлл. СО РАМН, 2005; 2 (116): 42–46.
6. *Бакшеев А.Ф.* Становление, породные особенности и возможности коррекции иммунной системы у свиней: Автореф. ... дисс. докт. биол. наук, Новосибирск, 1998.
7. *Boonyaratanakornkit JB, Cogoli A, Li C-F et al.* Key gravitensitive signaling pathways drive T-cell activation. *Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology Express*. 2005; 6: 22.
8. *Серова Л.В.* Невесомость и онтогенез млекопитающих. М., 2002 http://www.imbp.ru/webpages/win1251/Science/Serova_actsp.html.
9. *Ronca AF, Alberts JR.* Effects of pregnant spaceflight on vestibular responses in neonatal ratb. *Journal of Applied Physiology*, 2000; 89 (6): 2318–2324.
10. Regenerating Chicken Wings <http://www.svobodanews.ru/Article/2006/11/22/20061122124553877.html>.