

П.С. Пащенко, И.В. Гайворонский

История и перспективы развития отечественных морфологических исследований воздействия на организм гравитационных перегрузок в эксперименте

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Резюме. Произведён анализ и обобщения отечественных морфологических исследований воздействия на организм гравитационных перегрузок в эксперименте. Прослежена эволюция биологических моделей, разработанных морфологами и специалистами в области авиационной и космической медицины. Выделены три периода в развитии данного направления. В начальном периоде проводились исследования воздействия гравитационных перегрузок на сосудистую систему. Основоположниками этого направления явился коллектив кафедры нормальной анатомии I Ленинградского медицинского института под руководством профессора М.Г. Привеса. Показано, что исследования воздействия перегрузок в эксперименте являются важным направлением функциональной морфологии. Во втором периоде были проведены морфологические исследования нервного аппарата и гемомикроциркуляторного русла внутренних органов в условиях гравитационных перегрузок. Руководителем данного направления являлся профессор Е.А. Дыскин. С помощью гистологических, гистохимических и морфологических методик показана зависимость выраженности изменений строения стенки сосудов и нервов внутренних органов от градиента нарастания и спада величины перегрузки. Доказана возможность кумулятивных эффектов, связанных с повторным воздействием перегрузок. Обосновано положение о необходимости комплексирования экспериментальных морфологических исследований воздействия гравитационных перегрузок с другими дисциплинами (авиационной и космической медициной, фармакологией).

С 1990 г. на кафедре нормальной анатомии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова начался третий период морфофункциональных исследований состояния регуляторных систем организма в условиях гравитационного стресса. Разработана экспериментальная биологическая модель воздействия гравитационных перегрузок с учётом режимов, адекватных современному воздухоплаванию. Центрифуга переоснащена новыми контейнерами, что позволило одновременно вращать 20 животных. Обоснованы критерии диагностики клеточной дезадаптации и проведены исследования органов симпато-адреномедуллярной и гипофиз-адренокортикальной систем в условиях гравитационного стресса. Исследованы возможности применения средств фармакологической коррекции и профилактики нарушений в нервных структурах и гемомикроциркуляторном русле жевательного аппарата.

Ключевые слова: гравитационные перегрузки, экспериментальная биологическая модель, симпато-адреномедуллярная и гипофиз-адренокортикальной системы, гемомикроциркуляторное русло гравитационный стресс, М.Г. Привес, Е.А. Дыскин.

Исследования воздействия перегрузок на организм в эксперименте начались задолго до полетов человека в космос. Они были посвящены преимущественно влиянию этого фактора на систему кровообращения и выполнялись, в первую очередь, специалистами в области физиологии, имевшими значительный опыт в проведении комплексных исследований как на животных, так и у людей.

Основоположниками отечественных научных направлений того времени были видные физиологи В.Н. Черниговский, В.В. Парин, В.Н. Яздовский, фундаментальные исследования которых положили начало изучению механизмов адаптации организма вначале к факторам полета моделируемых в наземных условиях, а затем и в реальных космических полетах. При этом, такому фактору как гравитационные перегрузки (ГП), уделялось, как правило, первостепенное значение [52, 60].

Реализация широкомасштабных космических программ, а также развитие реактивной авиации в стране вызвало необходимость изучения возможностей

человека по управлению летательными аппаратами. Наряду с прикладными научно-исследовательскими институтами в эту работу активно включились ученые научных и учебных заведений страны, еще недавно далекие от проблем авиации и космонавтики. Исследования авиационных врачей, биохимиков, физиологов и клиницистов возбудили интерес к проблеме перегрузок и у специалистов в области функциональной морфологии (гистологов и анатомов).

В 50–60-е гг. XX в. появились первые инициативные экспериментальные работы сотрудников кафедры нормальной анатомии I Ленинградского медицинского института им. И.П. Павлова (I ЛМИ) под общим руководством профессора М.Г. Привеса [47–50]. Используя методику моделирования воздействия перегрузок, разработанную В.Н. Степанцовым, исследовали влияние перегрузок, действующих в различных направлениях на органы, имеющие неодинаковое расположение по отношению к длинной оси тела животного (кролики, крысы). Изучены перегрузки с вектором «голова-таз», «таз-голова», «грудь-спина»,

«спина-грудь», переносимых и непереносимых, действующих однократно и повторно.

Исследовано кровеносное русло головного и спинного мозга преимущественно кроликов и крыс [16, 46, 59], нервов тазовых конечностей [27, 28], паравертебральных узлов и межузловых ветвей симпатического ствола [25]. Наряду с этим Р.А. Бардина и ее ученики исследовали воздействие перегрузок на кровеносные сосуды желез внутренней секреции [3, 23, 29]. Из крупных сосудов было изучено строение стенки аорты крысы [4], почечной вены [20], а также воротной системы печени кролика [7].

В результате этих исследований выявлены многочисленные изменения в сосудах органов, преимущественно в виде спазма артерий и расширения вен, а также раскрытия капилляров. Последнее, по мнению авторов, обусловлено застоем крови в системах воротной и нижней полой вен под действием перегрузок. В.А. Отеллин [27, 28] показал роль величины, продолжительности и направления действия гравитационных перегрузок, а также значение способов фиксации экспериментального животного в выраженности морфологических преобразований.

По материалам перечисленных исследований был издан сборник «Вопросы авиационной и космической анатомии» в 1968 г. Данные некоторых работ легли в основу кандидатских диссертаций, выполненных под руководством М.Г. Привеса, а доцентом (в последующем – профессором, зав. кафедрой анатомии человека I ЛМИ) А.К. Косоуровым – докторской диссертации, посвященной воздействию перегрузок и гипокинезии на строение стенки крупных артерий [21].

Среди других отечественных работ того периода следует отметить исследования состояния нервных элементов интрамуральных сплетений тонкой кишки [26], нервного аппарата предсердий, а также устьев полых вен при остром воздействии поперечно-направленных перегрузок [12].

В целом, результаты приведенных работ показали, что в различных отделах нервной и сосудистой систем происходят структурные преобразования при воздействии данного экстремального фактора. Одни выявленные изменения были реактивными, другие – дегенеративно-дистрофическими.

Данные литературы, отражающие результаты исследования, воздействия ГП преимущественно на сосудистую и нервную системы являются пионерскими, их следует оценить весьма положительно. Они показали, что изучение воздействия перегрузок в эксперименте является проблемой не только авиационной физиологии, но также важным направлением функциональной морфологии.

Однако при этом обращала на себя внимание разрозненность усилий исследователей. Имелись различия в режимах моделируемых воздействий, не всегда производилось достаточное обоснование выбора объекта исследования, существенно отличались радиусы центрифуг, практически всегда отсутствовал физиологический контроль за состоянием животных в

процессе вращения. Параметры ГП (величина, вектор, градиент) нередко выбирались произвольно и не соответствовали тем значениям, которые имеют место в реальном полете. Редко проводилась количественная обработка полученных результатов.

Перечисленные недостатки могли быть учтены лишь в процессе хорошо продуманного и организованного экспериментального исследования, которое началось в 1969 г. в стенах кафедры нормальной анатомии Военно-медицинской академии имени С.М.Кирова (ВМА) под руководством профессора Е.А. Дыскина. В этой масштабной работе следует выделить три основных этапа.

Во-первых, разработка адекватной методики моделирования ГП в эксперименте (1969 г.).

Во-вторых, создание экспериментальной базы и технического оснащения для вращения животных на центрифуге (1969–1970 гг.).

В-третьих, проведение комплексного морфофункционального исследования состояния нервного аппарата и гемомикроциркуляторного русла в условиях гипергравитации (1969–1987 гг.).

Приступая к разработке методики моделирования ГП, профессор Е.А. Дыскин привлек для этой работы специалиста в области воздействия гипергравитации на функции центральной нервной системы, известного теоретика авиационной медицины профессора Б.М. Савина. Это позволило учесть ряд условий моделирования данного экстремального фактора в эксперименте.

Созданная профессорами Е.А. Дыскиным и Б.М. Савиным модель существенно отличалась от многих, ей предшествовавших [10]. Так, в отличие от ранее применявшихся методик моделирования ГП, в которых учитывалось лишь три компонента (величина, продолжительность и направление), разработанная на кафедре методика позволяла также учитывать градиент нарастания и спада величины перегрузки. Этот параметр является одним из важнейших показателей гравитационного воздействия. Моделируемый в исследовании градиент составил 0,5–0,6 ед/с. Такие его значения являются актуальными для современного воздухоплавания.

В декабре 1969 г. для моделирования ГП на кафедре была создана лаборатория гравитационных перегрузок, укомплектованная двухплечевой центрифугой, с радиусом плеча 1,5 м, позволявшей создавать ускорение, соответствующее перегрузке силой до 10 ед.

В исследовании были предусмотрены две серии опытов. Первая серия опытов имела целью изучить строение нервных образований и гемомикроциркуляторного русла различных органов у животных, подвергшихся одиночному (однократному) воздействию максимальной предельно переносимой перегрузки силой 10 ед.

Во второй серии опытов ставилась цель выяснить, возникает ли кумуляция при повторных, одинаковых по параметрам перегрузках. Сила перегрузок в этой серии достигала 6 ед.

В исследованиях, проводившихся на протяжении более 10 лет под руководством профессора Е.А. Дыскина, были обозначены три периода:

1. Исследование состояния нервного аппарата и гемомикроциркуляторного русла различных органов животных (кошек) после однократного и повторного воздействия гравитационных перегрузок.

2. Выяснение влияния специальных тренировок на реактивность нервных элементов и микрососудов в условиях гипергравитации.

3. Изыскание средств фармакологической коррекции морфологических нарушений, возникающих в процессе повторных воздействий ГП.

Для проведения исследований каждому сотруднику был предложен конкретный объект изучения.

Особенно интенсивно проводились эксперименты в период с 1970 по 1973 гг. Как отмечал ответственный за лабораторию гравитационных перегрузок доцент И.Ф. Конкин, только в период 1971–72 гг. «было проведено 38 острых и 8 хронических опытов на 46 кошках. Общее количество проведенных в лаборатории отдельных вращений на центрифуге достигло 458».

Л.П. Тихонова, Н.Н. Залатицкая, И.Ф. Конкин [18, 19, 55–58] исследовали нервный аппарат стенки глотки, пищевода, желудка, тонкой и толстой кишок кошек, подвергнутых действию перегрузки. При однократной перегрузке с вектором «голова-таз» авторы наблюдали повышенную аргирофилию и набухание миелиновых нервных волокон, а также изменения претерминальных отделов чувствительных нервных окончаний. Установлено, что в те сроки, когда изменения отростков и концевых структур в сплетениях тонкой кишки при перегрузке в 10 ед. носили обратимый характер, в стенке прямой кишки имела место деструкция окончаний клеток II типа Догеля. Это указывало на то, что периферические нервные структуры каудально расположенных отделов кишечника при равных условиях эксперимента реагируют сильнее по сравнению с теми, которые расположены по отношению к ним более краниально. К сожалению, эти очень интересные данные не были в свое время использованы для изучения механизмов развития заболеваний пищеварительного тракта у летного состава. А между тем, в структуре заболеваемости этой категории военнослужащих болезнями желудка, тонкой кишки и анальной части прямой кишки принадлежит одно из ведущих мест.

Е.А. Дыскиным и Л.П. Тихоновой [11, 57] в нейронах чревного и тазового сплетений показано набухание тел нейронов, перичеселлюлярный отек, центральный и периферический хроматолиз. Значительная часть нервных клеток подверглась вакуолизации, их ядра занимали эксцентричное положение. К 14 суткам число измененных нейронов уменьшалось.

Г.Ф. Байко, И.Д. Лев, А.И. Филатов, Н.С. Шадрин [1, 2], изучавшие нервный аппарат стенки полых вен, легочного ствола, дуги аорты и сосудов оболочек головного мозга после однократного воздействия перегрузок установили, что наибольшей реактивностью

обладают миелиновые нервные волокна, а также их окончания – кустиковидные рецепторы. Безмиелиновые нервные волокна, перичеселлюлярные аппараты на вегетативных нейронах не претерпевали видимых изменений. Эти данные о реакции со стороны рецепторного аппарата рефлексогенных зон стенки крупных сосудов явились морфологическим подтверждением физиологических представлений о роли необычной по силе и сочетанию периферической импульсации на функции центральной нервной системы и кровообращения.

Получив данные о реактивности нервных структур после однократного воздействия ГП, коллектив кафедры под руководством Е.А. Дыскина приступил к исследованию состояния этих же нервных элементов в условиях повторного влияния на организм животного данного экстремального фактора.

Л.П. Тихонова [56], внедрившая нейрогистохимические методики в научную работу кафедры и впервые использовавшая их для исследования влияния перегрузок на нервный аппарат стенки толстой кишки, выявила снижение интенсивности свечения норадреналина в адренергических нервных волокнах и уменьшение содержания специфической ацетилхолинэстеразы, что привело автора к мысли об истощении запасов медиаторов – норадреналина и ацетилхолина. Восстановление запасов этих веществ происходит лишь к 14 суткам после воздействия.

Изучение нервного аппарата периферической нервной системы под влиянием ГП стало притягательной темой для слушателей академии.

В 1969 г. под руководством доцента Л.П. Тихоновой стали осваивать методики выявления нервной ткани слушатели I курса III факультета А. Козловский и П. Пащенко, а в 1970 г. к ним присоединился слушатель I курса II факультета Н. Лазарев.

Начиная со второго курса обучения, этим слушателям была поручена обработка материала собственных объектов исследования: А. Козловский приступил к изучению нейронов спинномозговых узлов и спинного мозга, П. Пащенко – нервных клеток каудального узла блуждающего нерва и краниального шейного симпатического узла, Н. Лазарев – чревного и тазового сплетений.

К началу 1971 г. коллектив кафедры располагал значительным количеством информации, которая потребовала статистической обработки, а гисто- и цитохимические методики исследования вызвали необходимость внедрения технических средств для получения количественных показателей (в частности, содержания рибонуклеиновой кислоты (РНК) в цитоплазме нейронов). Для этого необходимо было использовать цитоспектрофотометр, которого в то время на кафедре еще не было. К этой работе активно были привлечены слушатели-кружковцы ВМА им. С.М.Кирова.

В связи с отсутствием прибора на кафедре нормальной анатомии цитохимические исследования П. Пащенко выполнял в лаборатории электронной ми-

кроскопии и цитохимии Научно-исследовательского института экспериментальной медицины, где имелся спектрофотометр «МУФ-7», а А. Козловский в аналогичной лаборатории Ленинградского санитарно-гигиенического медицинского института – на спектрофотометре «МУФ-6». Первая серьезная работа А. Козловского в соавторстве с Е.А. Дыскиным и Л.П. Тихоновой [8] была напечатана в журнале «Архив АГЭ» в 1975 г. Авторы убедительно показали, что наряду с грубыми морфологическими изменениями в нейронах спинномозговых узлов и спинного мозга происходят разнонаправленные изменения количества РНК.

Е.А. Дыскиным и П.С. Пашенко [9], используя количественную спектрофотометрию, установили особенности изменений содержания РНК в нейронах чувствительного (пучковидного) узла блуждающего нерва и краниального шейного симпатического узла.

Таким образом, в процессе многолетней работы коллектива кафедры было получено значительное количество совершенно новых фактов, имеющих научный интерес для изучения механизмов нарушений, возникающих в условиях воздействия на организм гравитационных перегрузок.

Во введении к сборнику «Пластичность нервного аппарата и микроциркуляторного русла при воздействии на организм гравитационных перегрузок» профессор Е.А. Дыскин [11], подводя итог первому этапу исследований по проблеме, отмечал: «Как показывают наши исследования, структурные изменения, возникающие под влиянием экстремальных факторов в различных органах, характеризуются очень часто как реактивные и занимают пограничное положение между нормой и патологией, они как бы выходят за границы классической нормы, но вместе и с тем не становятся еще и выраженной патологией. Именно здесь находится та граница, где адаптационная реакция может либо перейти в патологическую, либо вернуться к исходному уровню». Е.А. Дыскин для профилактики патологических изменений в органах разработал и внедрил в научно-исследовательскую работу кафедры методику предварительной тренировки животных к воздействию ГП. Было установлено, что тренировочные вращения животных на центрифуге, в основном, предохраняют от разрушения нервные структуры стенки передней и задней полых вен, легочных вен, пищевода и толстой кишки.

Сам методический подход к графику тренировки, основывающийся на принципе систематичности и постепенности нарастания величины перегрузки, лежит также в основе введения в строй летчиков после длительного перерыва в летной работе, а, следовательно, не является оторванным от запросов практики авиационной медицины.

Материалы проведенных на кафедре исследований, касающихся ГП, многократно публиковались в сборниках ряда научных конференций, а также в журнале «Архив АГЭ», в сборнике работ сотрудников кафедры «Пластичность нервного аппарата и микроциркуляторного русла при воздействии на организм

гравитационных перегрузок», изданном в 1980 г. В заключении сборника профессор Е.А. Дыскин [11] не только подводит итог результатам работ сотрудников, но также намечает перспективу дальнейших исследований, направленных на повышение устойчивости организма к воздействию гипергравитации. В частности, он пишет: «Мы надеемся достигнуть положительного эффекта, применив средства, повышающие или регулирующие реактивность организма и его структур в определенных пределах, к новым условиям существования».

Одним из путей достижения этой цели Е.А. Дыскин видел в научной связи с другими науками и, в частности, с фармакологией.

Таким образом, намечился третий этап исследований совместно с фармакологами. К сожалению, этот этап работы не получил своего развития.

В 1981 г. внешним соискателем кафедры, научным сотрудником Научно-исследовательского испытательного института авиационной и космической медицины П.С. Пашенко [34] была защищена кандидатская диссертация «Особенности изменений нейронов каудального узла блуждающего нерва и краниального симпатического узла после воздействия перегрузок кранио-каудального направления», в которой представлены структурно-функциональные изменения в системе «нейрон-нейроглия» чувствительного (каудального) и симпатического (краниального шейного) узлов.

Применяя количественную спектрофотометрию было установлено снижение содержания РНК в цитоплазме нейронов обоих узлов, однако степень этого изменения оказалась более выраженной в рецепторных нервных клетках чувствительного ганглия по сравнению с симпатическими нейронами. Показана роль градиента нарастания и спада величины перегрузки в изменении количества рибонуклеиновой кислоты в цитоплазме нейронов изучаемых узлов, а также более длительное ее восстановление, что указывает на важную роль данного параметра гипергравитации.

Выявлены особенности течения восстановительного периода после однократного и повторного воздействия перегрузок. В последнем случае восстановление является более длительным и носит выраженную фазность. Это положение нашло отражение в работах по изучению закономерностей течения восстановительного периода у летчиков-истребителей после нагрузок, связанных с пилотированием высокоманевренных самолетов.

В 1984 г. была защищена кандидатская диссертация ассистентом Т.П. Глебушко «Состояние кровеносного русла прямой кишки после воздействия на организм перегрузок в различных режимах, в которой достаточно полно показана динамика структурных преобразований в микрососудах прямой кишки, начиная с реактивной фазы и заканчивая явлениями декомпенсации. Этим была создана морфологическая основа под утверждение клиницистов, что перегрузки, действующие с вектором «голова-таз», являются про-

фессионально вредным фактором, способствующим развитию варикозного расширения вен подслизистой основы прямой кишки у летчиков истребительной авиации [5].

Подводя итог исследованиям по проблеме воздействия гравитационных перегрузок на нервный аппарат и гемомикроциркуляторное русло в научной школе профессора Е.А. Дыскина, следует признать, что на кафедре нормальной анатомии ВМА было создано и развито новое направление для решения серьезной научной задачи. Создана лаборатория гравитационных перегрузок, разработана методика моделирования этого экстремального фактора в условиях эксперимента, проведены исследования, давшие ответ на вопрос, каким образом с точки зрения морфолога реагируют периферическая нервная система и сосуды различных органов на воздействие перегрузок.

В начале 80-х годов летный труд претерпел существенные изменения. Это обусловлено появлением на вооружении авиации крупных держав высокоманевренных самолетов новых систем. При этом значение фактора перегрузки, действующей на организм летчика в полете, существенно возросло. Так величина этого параметра на отдельных типах самолетов достигала 9,0 ед. и более, что вызывало перенапряжение регуляторных систем организма в процессе выполнения воздушных маневров [45].

Следовательно, назрела необходимость развертывания комплексного многоуровневого исследования регуляторных систем организма в условиях систематического воздействия перегрузок, что было вызвано конкретными практическими запросами авиационной медицины:

- у лиц систематически пилотирующих высокоманевренные самолеты даже в молодом возрасте диагностируются признаки атеросклероза, обострения язвенной болезни желудка, двенадцатиперстной кишки и другие заболевания. На возникновение и связь последних с действием перегрузок имеются прямые указания [6];

- многие заболевания у летчиков обусловлены гиперфункцией симпатического отдела вегетативной нервной системы, повышением концентрации катехоламинов в крови, вызванных стрессогенным действием перегрузок;

- снижение функции некоторых эндокринных органов у летчиков, что может приводить к развитию адрено-кортикальной недостаточности (гипокортицизму), гипо- и гипергликемиям [36, 40];

- отсутствие критериев ранней диагностики клеточной дезадаптации в организме летчика. В тоже время в практике авиационной медицины нередко возникает потребность если не прямого, то хотя бы косвенного определения ферментного статуса клеток регуляторных систем, как дополнительного критерия оценки функционального состояния организма летчика [37].

Представленные данные литературы явились предпосылкой для определения приоритетных на-

правлений исследования регуляторных систем организма в условиях воздействия перегрузок.

В 1987 г. на кафедре нормальной анатомии ВМА были обозначены основные задачи по разработке данного направления:

- исследовать структуру заболеваемости летчиков систематически подвергающихся воздействию перегрузок в процессе профессиональной деятельности, используя данные литературы, а также результаты анализа собственных наблюдений у летчиков. При этом особое внимание уделить выяснению роли пилотажных перегрузок в развитии патологии регуляторных систем организма;

- разработать адекватную модель воздействия перегрузок в эксперименте;

- провести комплексное экспериментальное исследование структурно-функциональных преобразований в симпато-адреналовой и гипофиз-надпочечниковой системах, а также – центральной и периферической части парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, нервном и островковом аппаратах поджелудочной железы;

- разработать информативные пробы для своевременного выявления признаков клеточной дезадаптации в органах симпато-адреналовой и гипофиз-надпочечниковой систем при систематическом воздействии перегрузок;

- исследовать возможности применения фармакологических средств профилактики от неблагоприятного воздействия перегрузок.

Выполнению такого широкомасштабного фундаментального исследования предшествовала предварительная работа, начатая кандидатом медицинских наук, майором медицинской службы Пашенко Павлом Степановичем еще в Институте авиационной и космической медицины, в котором он исследовал воздействие факторов полета на организм летчиков-истребителей в летных экспериментах.

В первую очередь был обоснован вид экспериментального животного, переоснащена центрифуга, учтены адекватные для современного воздухоплавания экспериментальные режимы перегрузок, а также определены соответствующие типовые варианты и графики, регламентирующие их воздействия на протяжении экспериментальных дней и недель.

Среди различных биологических видов наиболее подходящим экспериментальным животным явилась беспородная белая крыса-самец. Относительно небольшая масса и размеры тела животного позволяли одновременно вращать на центрифуге 20 крыс. Для этого привезенные в 1987 г. из г. Тюмени контейнеры для животных монтировали на каждом плече центрифуги по 10 штук. Специальной балкой и двумя стержнями контейнеры укреплялись дополнительно после помещения в них животных и закрытия крышек.

Созданная биомодель эксперимента включила:

- график воздействия ГП;

- регламентацию ГП в день эксперимента и на протяжении недельного цикла исследования;

– организацию эксперимента на протяжении исследуемых этапов постнатального онтогенеза.

Эксперимент состоял из трех серий опытов: 1-я серия – острые воздействия; 2-я и 3-я серии – хронические.

В 1-й серии проводились вращения животных на центрифуге в процессе экспериментального дня, на протяжении которого производились три вращения по графику с двумя перерывами в течение 20 мин каждый.

Во 2-й серии осуществлялись вращения животных по регламенту чередующихся двухнедельных вариантов на протяжении 13 недель. Возраст животных 2-й серии в процессе эксперимента достигал 21 недели.

Если в первой серии общее время вращения составляло 31 мин, то во второй серии – 20 ч 9 мин.

К моменту окончания эксперимента в 3-й серии животные были в возрасте 34 недель, а время воздействия составляло 40 ч 18 мин. Вращения в процессе этой серии производились на протяжении 26 недель.

Контрольные крысы соответствующего возраста находились в клетках, расположенных рядом с экспериментальными животными, однако не подвергались вращению на центрифуге.

С целью оценки состояния животных после вращения, а также в дни, свободные от экспериментов, проводились динамические наблюдения за поведенческими реакциями крыс. Разработанные методические подходы к организации эксперимента были новыми, они учитывали основные принципы регламентации режимов нагрузки и отдыха лиц летной профессии [40].

Исследования экспериментального материала осуществляли с помощью анатомических, стереометрических, гистологических, цитохимических (количественных) и электронномикроскопической методик.

Все исследования, за исключением электронной микроскопии, проводили в гистологической и гистохимической лабораториях кафедры нормальной анатомии, а электронномикроскопическая часть работы выполнялась в научно-исследовательской лаборатории электронной микроскопии и гистохимии ВМА.

Сочетание уровней исследования позволило в рамках одной работы оценить состояние структурного и химического компонентов ядра и цитоплазмы клеток.

В период с 1987 по 1993 гг. было проведено экспериментальное комплексное исследование структурно-функциональных преобразований в органах симпатoadреналовой и гипофиз-надпочечниковой систем после воздействия на организм гравитационных перегрузок кранио-каудального направления в некоторые периоды постнатального онтогенеза, а также разработаны информативные пробы для своевременного выявления признаков клеточной дезадаптации у летного состава. Результаты этой работы легли в основу докторской диссертации П.С. Пашенко, защищенной им в 1993 г. [40].

Проводимые в лаборатории гравитационных перегрузок эксперименты были притягательны и для курсантов факультетов подготовки врачей, поэтому те из них, кто смог сочетать успешную учебу с научной работой, привлекались к систематическому проведению экспериментов. При этом научный руководитель всегда учитывал индивидуальные интересы своих учеников.

Наибольший интерес представляли изменения в регуляторных системах организма. Под руководством П.С. Пашенко были изучены структурные преобразования, происходящие в сером веществе спинного мозга при остром и систематическом воздействии ГП. Этот сложный и обширный раздел был выполнен Б.В. Рисманом [38, 39, 61], который показал изменения структуры разных отделов спинного мозга на светооптическом и электронно-микроскопическом уровнях. Данное исследование имеет важное значение в объяснении механизмов развития ряда заболеваний, в патогенез которых вовлекаются сегментарные структуры нервной системы.

А.Г. Журавлев и П.С. Пашенко [13] выявили, что важнейшим изменением, определяющим в значительной мере развитие деструктивных процессов в надпочечниках, является появление капель липидов в кровеносном русле данного органа у животных, систематически подвергающихся воздействию гравитационных перегрузок. Эти данные способствовали расшифровке источников капельных гиперлипидемий в периферической крови некоторых категорий летчиков.

В сферу научных интересов по данной проблеме попала и такая малоизученная область центральной нервной системы, как *area postrema*.

А.Ф. Сухотериным [53, 62] впервые были определены морфометрические параметры структурных компонентов *area postrema* крыс в норме (относительная плотность капиллярного русла, распространенность нервных и нейросекреторных клеток, морфометрические характеристики ультраструктур клеток и синапсов). В эксперименте выявлены закономерности структурно-функциональных преобразований в нервных, глиальных и сосудистых компонентах *area postrema* после острого и хронического воздействия гипергравитации.

В работах многих отечественных исследователей указывается на более частое развитие у летчиков высокоманевренной авиации нарушений углеводного обмена. Изучение морфологических основ данной патологии было поручено врачу И.В. Захаровой. В ее исследованиях раскрыты структурные преобразования в нервном аппарате, а также – в экзо- и эндокринных клетках поджелудочной железы крысы в условиях воздействия гипергравитации [15].

И.В. Гайворонским, А.К. Иорданишвили, Л.П. Тихоновой, А.М. Ковалевским, В.В. Гайворонской, В.В. Лобейко, В.А. Курочкиным и другими, на экспериментальной модели выполнены исследования структурно-функциональных изменений в органах и

тканях жевательного аппарата при хроническом воздействии гравитационных перегрузок [17]. Авторами было установлено, что выраженность деструктивных изменений в интрамуральном нервном аппарате можно уменьшить за счет применения антигиппоксантов и антиоксидантов. В частности, анализ изменений в ферментативных системах гемомикроциркуляторного русла и применения с защитной целью ряда лекарственных веществ свидетельствует о более выраженном протективном действии бемитила по сравнению с амтизолом. Комбинация этих препаратов позволила компенсировать недостатки их изолированного применения, но являлась менее выгодной по сравнению с воздействием этомерзола. Показано, что более выраженное протективное действие оказывает этомерзол. По материалам этих работ защищена А.К. Иорданишвили – докторская диссертация [17], В.В. Лобейко и В.А. Курочкиным были защищены кандидатские диссертации [22, 24].

В настоящее время результаты экспериментальных исследований, посвященных воздействию на организм гравитационных перегрузок, широко используются при объяснении механизмов нарушений, возникающих у летчиков при пилотировании высокоманевренных самолетов.

В работах, посвященных данному направлению, представлена неотделимость фундаментальных экспериментальных морфологических исследований от практической авиационной медицины. Исследованию структурных преобразований в регуляторных системах организма всегда предшествовал анализ заболеваемости, изучение материалов архивов, клинические обследования лиц, подвергавшихся пилотажным перегрузкам в процессе профессиональной деятельности. По материалам этих исследований опубликованы статьи в отечественных (в том числе в журнале «Морфология») и зарубежных журналах, изданы монографии [35, 37, 41, 61, 62], успешно защищены диссертации [15, 40, 51, 53].

В последние годы пришло время более глубоко осмыслить отмеченный выше принцип комплексирования данных, полученных на животных и при обследовании летчиков, испытывающих воздействия перегрузок. И на это имеются свои причины. Еще в первой половине 80-х годов прошлого столетия был накоплен значительный фактический материал по исследованиям цитохимического статуса летчиков высокоманевренной авиации по показателям ферментной активности лейкоцитов (преимущественно лимфоцитов периферической крови). На основе полученных данных обоснованы представления об особенностях формирования клеточной дезадаптации в организме летчиков в зависимости от возраста и времени полета на самолетах. Определены типы реагирования на летную нагрузку, а также показана динамика формирования у летчиков острого и хронического стресса. Кроме того определено наличие особого предшествующего хроническому стрессу состояния – предстресса. Предложен комплекс мор-

фофункциональных показателей для диагностики этих состояний [30, 44].

В последующем потребовались экспериментальные исследования механизмов развития указанных состояний с помощью современных методов исследования. Естественно, что полностью воспроизвести в эксперименте комплекс факторов, которые испытывает летчик в полете, не представляется возможным. Однако, принимая во внимание, что в высокоманевренном полете ведущим фактором являются перегрузки, мы сочли возможным произвести на адекватной биомодели своего рода экспериментальное сопровождение воздействия данного доминирующего в полете фактора. В дальнейшем это дало возможность осуществить корреляционный анализ между цитохимическими показателями лимфоцитов крови и аналогичными показателями клеток органов регуляторных систем организма у животных после острого, а также хронического воздействий перегрузок на протяжении 13 и 26 недель.

В результате этих исследований, которые продолжались до 1993 г., были изучены клетки органов (нейроны чревных (симпатических) узлов, эндокриноциты пучковой зоны коры надпочечника), в которых активность окислительных ферментов: сукцинатдегидрогеназы, α -глицерофосфатдегидрогеназы, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы изменяется однонаправлено с этими же ферментами в лимфоцитах крови. Причем степень силы корреляционных связей изменяется по мере увеличения суммарного времени воздействия [40, 42].

Важным результатом этой работы было установление факта, что депрессия активности сукцинатдегидрогеназы, а также снижение интегрального показателя сукцинатдегидрогеназы/лактатдегидрогеназы до значений менее 1 в лимфоцитах периферической крови предшествовала появлению выраженных деструктивных процессов в нейронах чревного узла и всех трех зонах коры надпочечников, что сопровождалось резким снижением устойчивости экспериментальных животных к действию перегрузок.

При обследовании летчиков, выполнявших интенсивные полеты на высокоманевренных самолетах в мазках крови, окрашенных черным суданом (судан IV), в ряде случаев были обнаружены капельные формы липидов на поверхности эритроцитов, что способствовало снижению рабочей поверхности этих клеток, нарушая их контакт со стенкой капилляров [37, 40]. Поскольку после хронического воздействия перегрузок в эксперименте также были обнаружены капли липидов в крови животных необходимо было выяснить источник их происхождения. При детальном просмотре гистологических срезов надпочечника, окрашенных суданом IV удалось обнаружить в просвете синусоидов мозгового вещества капли липидов, на люминальной поверхности эндотелиоцитов стенки этих сосудов. Это явление сочеталось с деструкцией части аденоцитов надпочечника. На ультратонких срезах был подтвержден факт наличия капель липидов в

просвете синусоидов, а также в капиллярах пучковой зоны коры надпочечника. На электронограмме выявленные капли имеют достаточно низкую электронную плотность и практически ничем не отличаются от липосом в цитоплазме клеток пучковой зоны надпочечника экспериментальных животных после воздействия перегрузок. В отличие от экспериментальных крыс у контрольных животных липосомы цитоплазмы кортикоцитов имеют значительное сходство с осмием, а поэтому и высокую электронную плотность. Снижение электронной плотности капель липидов связывают обычно с резорбцией эфиров холестерина в них, что является характерным признаком интенсификации стероидогенеза в клетках [32, 40].

На основе данных эксперимента на животных и натуральных исследований летчиков была разработана методика определения у летного состава липофагоцитарной функции лейкоцитов в периферической крови [13].

В настоящее время наметился новый период экспериментальных морфологических исследований воздействия ГП на организм. Перспективы его развития обусловлены возросшей актуальностью перегрузок больших величин в условиях пилотирования высокоманевренных летательных аппаратов. Кроме того, существенно возрос методический уровень фундаментальных морфологических исследований, включающих прижизненную микроскопию нервной ткани и микроциркуляторного русла, иммуногистохимию и др. Очевидно, что использование этих методик в прикладных морфологических исследованиях заметно отстает от запросов авиационной медицины, являющейся в стране, преимущественно, профилактической.

Разработка и внедрение новых способов диагностики клеточной дезадаптации в регуляторных системах организма позволит не только существенно повысить уровень исследований воздействия ГП на организм, но также будет способствовать распознаванию хронического стресса на ранних стадиях его формирования и как следствие – продлению летного долголетия.

Литература

1. Байко, Г.Ф. Состояние нервного аппарата стенки полых вен после воздействия гравитационных перегрузок / Г.Ф. Байко // *Мат. научн. конф., посв. 100-летию со дня рождения В.Н. Тонкова.* – Л.: ВМА, 1971. – С. 185.
2. Байко, Г.Ф. О влиянии гравитационных перегрузок на нервный аппарат крупных присердечных сосудов и сосудов оболочек головного мозга / Г.Ф. Байко [и др.] // *Мат. научн. конф. «Космич. биол. и авиакосмич. мед.».* – Калуга: б.и., 1972. – С. 5.
3. Бардина, Р.А. Влияние гравитационных перегрузок на строение кровеносных сосудов желез внутренней секреции / Р.А. Бардина // *Вопр. авиац. и космич. анатомии.* – Л.: ЛМИ им. акад. И.П. Павлова, 1968. – С. 125–128.
4. Войнер, Р.А. Влияние гравитационных перегрузок на строение артериальной сети стенки аорты крысы / Р.А. Войнер // *Вопр. авиац. и космич. анатомии.* – Л.: ЛМИ им. акад. Павлова, 1968. – С. 65–70.
5. Глебушко, Т.П. Состояние кровеносного русла прямой кишки после воздействия на организм перегрузок в различных режимах: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Т.П. Глебушко. – Симферополь: б.и., 1984. – 22 с.
6. Домашук, Ю.П. Переносимость перегрузок +Gz летчиками с отклонениями в состоянии здоровья / Ю.П. Домашук // *Космич. биол. и авиакосмич. мед.* – 1988. – Т. 22. – № 4. – С. 84–86.
7. Дроздова, А.В. Влияние гравитационных перегрузок на воротную систему печени / А.В. Дроздова // *Вопр. авиац. и космич. анатомии.* – Л.: ЛМИ им. акад. И.П. Павлова, 1968. – С. 146–154.
8. Дыскин, Е.А. Морфологические и цитотометрические показатели состояния нейронов спинномозговых узлов и спинного мозга после воздействия гравитационных перегрузок / Е.А. Дыскин [и др.] // *Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии.* – 1975. – Т. 69, вып. 7. – С. 19–23.
9. Дыскин, Е.А. Влияние гравитационных перегрузок на цитотометрические показатели содержания РНК в нейронах пучковидного узла блуждающего нерва и краниального симпатического узла / Е.А. Дыскин, П.С. Пашенко // *Пластичность нервного аппарата и микроциркуляторного русла при воздействии на организм гравитационных перегрузок.* – Л.: б.и., 1980. – С. 15–22.
10. Дыскин, Е.А. Некоторые вопросы методики изучения влияния на организм гравитационных перегрузок / Е.А. Дыскин, Б.М. Савин // *Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии.* – 1970. – Т. 58, вып. 6. – С. 31–34.
11. Дыскин, Е.А. Пластичность нервного аппарата и микроциркуляторного русла при воздействии гравитационных перегрузок / Е.А. Дыскин (ред.). – Л.: ВМА, 1980. – 180 с.
12. Евлов, С.И. Морфология нервного аппарата сердца собак после воздействия поперечно направленных ускорений / С.И. Евлов // *Вопр. патол. анатомии.* – Целиноград: б.и., 1971. – С. 68–75.
13. Журавлев, А.Г. Морфофункциональные преобразования в мозговом веществе надпочечника после воздействия на организм перегрузок +Gz в эксперименте / А.Г. Журавлев, П.С. Пашенко // *Мат. XII конф. по космической биологии и авиакосмической медицине.* – М., 2002. – С. 148–149.
14. Журавлев, А.Г. Методические рекомендации по оценке липофагоцитоза у летного состава авиации Черноморского флота / А.Г. Журавлев, П.С. Пашенко, Н.Н. Плахов. – Севастополь: б.и., 2004. – 11 с.
15. Захарова, И.В. Строение поджелудочной железы крысы в норме и после воздействия гравитационных перегрузок: автореф. дис. ... канд. мед. наук / И.В. Захарова. – СПб.: СПбГПМА, 2006. – 20 с.
16. Зотова, Н.И. Влияние гравитационных перегрузок на сосуды конечного и промежуточного мозга / Н.И. Зотова // *Вопр. авиац. и космич. анатомии.* – Л.: ЛМИ им. акад. И.П. Павлова, 1968. – С. 84–86.
17. Иорданишвили, А.К. Морфофункциональная оценка жевательного аппарата у различных категорий летного состава: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / А.К. Иорданишвили – СПб.: ВМА, 1998. – 31 с.
18. Конкин, И.Ф. Изменение нервного аппарата органов передней кишки кошки при воздействии однократной гравитационной перегрузки / И.Ф. Конкин // *Мат. научн. конф., посв. 100-летию со дня рождения В.Н. Тонкова.* – Л.: б.и., 1971. – С. 196.
19. Конкин, И.Ф. Морфологические изменения в нервном аппарате глотки, пищевода и желудка кошки после однократного воздействия гравитационной перегрузки / И.Ф. Конкин // *Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии.* – 1975. – Т. 59, вып. 7. – С. 33–36.
20. Конкина, Н.И. Влияние сочетанного воздействия гипоксии и гравитационных перегрузок на строение стенки почечной вены / Н.И. Конкина // *Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии.* – 1978. – Т. 62, вып. 6. – С. 33–36.
21. Косоуров, А.К. Морфология стенок магистральных артерий в эксперименте: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / А.К. Косоуров. – М.: б.и., 1983. – 31 с.
22. Курочкин, В.А. Морфофункциональное состояние жевательных мышц в норме, при воздействии хронической

- гипергравитации и на фоне фармакологической коррекции: автореф. дис. ... канд. мед. наук / В.А. Курочкин. – СПб.: ВМА, 1999. – 18 с.
23. Молчан, В.Ф. Влияние перегрузок на строение кровеносной системы надпочечника / В.Ф. Молчан // *Вопр. авиац. и космич. анатомии.* – Л.: ЛМИ им. акад. И.П. Павлова, 1968. – С. 129–135.
 24. Лобейко, В.В. Морфофункциональная характеристика околоушной слюнной железы в норме, при воздействии факторов авиационного полета и на фоне фармакологической коррекции: автореф. дис. ... канд. мед. наук / В.В. Лобейко. – СПб.: ВМА, 2005. – 26 с.
 25. Муратикова, В.А. Воздействие гравитационных перегрузок на кровеносные сосуды симпатического ствола / В.А. Муратикова // *Вопр. авиац. и космич. анатомии.* – Л.: ЛМИ им. акад. И.П. Павлова, 1968. – С. 106–112.
 26. Оганесян, Т.Г. Влияние перегрузок на гистоструктуру нервных сплетений тонкой кишки / Т.Г. Оганесян // *Влияние некоторых физических и биологических факторов на организм.* – М.: б.и., 1965. – С. 72–73.
 27. Отеллин, В.А. К вопросу о влиянии гравитационных перегрузок на артериальную систему нервов конечностей / В.А. Отеллин // *Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии.* – 1964. – Т. 46, вып. 4. – С. 87–92.
 28. Отеллин, В.А. Характер перестроек артериального русла нервов конечностей после воздействия гравитационных перегрузок / В.А. Отеллин // *Вопр. авиац. и космич. анатомии.* – Л.: ЛМИ им. акад. И.П. Павлова, 1968. – С. 101–106.
 29. Панченко, В.С. Влияние перегрузок на строение кровеносных сосудов щитовидной железы / В.С. Панченко // *Вопр. авиац. и космич. анатомии.* – Л.: ЛМИ им. акад. И.П. Павлова, 1968. – С. 129–135.
 30. Пашенко, П.С. Зависимость клеточных реакций крови летчиков от некоторых исходных функциональных состояний организма / П.С. Пашенко // *Воен.-мед. журн.* – 1999. – Т. 320. – № 7. – С. 55–57.
 31. Пашенко, П.С. Структурные преобразования в узлах симпатического ствола и в грудных отделах блуждающего нерва при воздействии гравитационных перегрузок / П.С. Пашенко, А.А. Жуков // *Морфология.* – 2005. – Т. 128. – № 6. – С. 29–33.
 32. Пашенко, П.С. Изменение структуры поджелудочной железы после воздействия гравитационных перегрузок / П.С. Пашенко, И.В. Захарова // *Морфология.* – 2006. – Т. 129. – № 3. – С. 62–67.
 33. Пашенко, П.С. Обоснование способов и методов выявления клеточной дезадаптации тканей органов регуляторных систем организма в экстремальных условиях / П.С. Пашенко // *Регуляторные системы организма в условиях гравитационного стресса.* – Салехард: Красный Север, 2007. – С. 22–32.
 34. Пашенко, П.С. Особенности изменений нейронов каудального узла блуждающего нерва и краниального симпатического узла после воздействия перегрузок краниально-каудального направления: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Л., Киев: б.и., 1981. – 19 с.
 35. Пашенко, П.С. Особенности изменений в спинном мозге после воздействия перегрузок +Gz / П.С. Пашенко, Б.В. Рисман // *Мат. VIII междунар. научно-практического конгресса, посв. 100-летию Российской военной авиации и 20-летию со дня основания ассоциации.* – М.: б.и., 2013. – С. 150–152.
 36. Пашенко, П.С. Использование цитохимических показателей нейтрофилов периферической крови для исследования гормонально-эндокринных реакций на летную нагрузку / П.С. Пашенко [и др.] // *Космич. биол. и авиац. мед.* – 1980. – Т. 14. – № 3. – С. 84–85.
 37. Пашенко, П.С. Ранняя диагностика клеточной дезадаптации летного состава / П.С. Пашенко. – М.: Вузовская книга, 1999. – 71 с.
 38. Пашенко, П.С. Структурные преобразования в сером веществе спинного мозга после воздействия гравитационных перегрузок / П.С. Пашенко, Б.В. Рисман // *Морфология.* – 2002. – Т. 121. – № 1. – С. 49–54.
 39. Пашенко, П.С. Структурные преобразования в сером веществе спинного мозга в условиях воздействия гравитационных перегрузок / П.С. Пашенко, Б.В. Рисман // *Мат. Всеросс. научн.-практич. конфер. с междунар. участием, посвящ. 65-летию кафедры медико-биол. дисцип. и 175-летию со дня рождения П.Ф. Лесгафта.* – СПб.: ВИФК, 2012. – Ч. 2. – С. 201–206.
 40. Пашенко, П.С. Симпато-адреналовая и гипофиз-надпочечниковая системы в условиях воздействия на организм гравитационных перегрузок: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / П.С. Пашенко. – СПб.: ВМА, 1993. – 32 с.
 41. Пашенко, П.С. Состояние симпатических и парасимпатических центров головного и спинного мозга в условиях воздействия перегрузок / П.С. Пашенко, А.Ф. Сухотерин // *Авиакосмич. и экол. мед.* – 2007. – Т. 41. – № 2. – С. 45–49.
 42. Пашенко, П.С. Цитохимические показатели лимфоцитов и гранулоцитов в периферической крови лиц, систематически подвергающихся воздействию гравитационных перегрузок / П.С. Пашенко // *Регуляторные системы организма в условиях гравитационного стресса.* – Салехард: Красный Север, 2007. – С. 276–339.
 43. Пашенко, П.С. Экспериментальные обоснования оценки ферментного статуса клеток внутренних органов / П.С. Пашенко // *Клинико-физиологические аспекты медицинской реабилитации летного состава.* – Гатчина: б.и., 1996. – С. 101–105.
 44. Петрухин, В.Г. Морфологические изменения в организме предварительно тренированных к мышечной работе собак после воздействия предельно переносимых перегрузок, действующих в поперечном направлении / В.Г. Петрухин, В.И. Степанцов // *Вопр. авиац. и космич. анатомии.* – Л.: ЛМИ им. акад. И.П. Павлова, 1968. – С. 7–33.
 45. Пономаренко, В.А. Медико-психологическое обеспечение профилактики угроз безопасности полета в государственной авиации / В.А. Пономаренко // *Вестн. Междунар. акад. проблем человека в авиации и космонавтике.* – 2011. – № 11 (35). – С. 6–14.
 46. Преображенская, И.Н. Влияние гравитационных перегрузок в направлении голова-таз на кровеносные сосуды среднего и заднего мозга кролика / И.Н. Преображенская // *Вопр. авиац. и космич. анатомии.* – Л.: ЛЛМИ им. акад. И.П. Павлова, 1968. – С. 87–93.
 47. Привес, М.Г. Влияние гравитационных перегрузок на состояние иннервационного аппарата аорты, полых вен и предсердий / М.Г. Привес [и др.] // *Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии.* – 1970. – Т. 58, вып. 5. – С. 32–37.
 48. Привес, М.Г. Влияние гравитационных перегрузок на сосудистую систему / М.Г. Привес // *Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии.* – 1963. – Т. 44, вып. 1. – С. 3–11.
 49. Привес, М.Г. Влияние некоторых факторов полета на строение сосудистой системы / М.Г. Привес, А.К. Косоуров, Л.А. Алексина // *Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии.* – 1968. – Т. 55, вып. 7. – С. 54–60.
 50. Привес, М.Г. Некоторые закономерности влияния гравитационных перегрузок на строение сосудистой системы / М.Г. Привес // *Вопр. авиац. и космич. анатомии.* – Л.: ЛМИ им. акад. И.П. Павлова, 1968. – С. 7–22.
 51. Рисман, Б.В. Состояние структур спинного мозга в условиях воздействия на организм гравитационных перегрузок: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Б.В. Рисман. – СПб.: ВМА, 2000. – 20 с.
 52. Сисакян, Н.М. Проблемы космической биологии / Н.М. Сисакян [и др.]. – М.: МГУ, 1962. – 121 с.
 53. Сухотерин, А.Ф. Структурная организация area postrema в норме и при воздействии на организм гравитационных перегрузок: автореф. дис. ... канд. мед. наук / А.Ф. Сухотерин. – СПб.: ВМА, 2001. – 18 с.

54. Сухотерин, А.Ф. Структурно-функциональные резервы вегетативной нервной системы летчиков высокоманевренной авиации / А.Ф. Сухотерин, П.С. Пашенко // *Авиакосмич. и экол. мед.* – 2014. – Т. 48. – № 3. – С. 20–24.
55. Тихонова, Л.П. Влияние гравитационных перегрузок на нервный аппарат прямой кишки / Л.П. Тихонова // *Тр. Смол. мед. ин-та.* – Смоленск: СМИ, 1970. – Т. 34. – С. 41–44.
56. Тихонова, Л.П. Влияние гравитационных перегрузок на нервный аппарат стенки толстой кишки / Л.П. Тихонова // *Пластичность нервного аппарата и микроциркуляторного русла при воздействии на организм гравитационных перегрузок.* – Л.: б.и., 1980. – С. 28–35.
57. Тихонова, Л.П. Состояние нервного аппарата пищеварительного тракта после воздействия на организм гравитационных перегрузок / Л.П. Тихонова, Н.Н. Златицкая, И.Ф. Конкин // *Мат. научн. конф. «Космическая биология и авиакосмическая медицина».* – Калуга: б.и., 1972. – С. 46–47.
58. Тихонова, Л.П. Реакция отростков клеток II типа Догеля на однократное воздействие гравитационных перегрузок / Л.П. Тихонова // *Мат. научн. конф., посв. 100-летию со дня рождения В.Н. Тонкова.* – Л.: б.и., 1971. – С. 207.
59. Шишова, В.Г. Влияние гравитационных перегрузок на артерии спинного мозга / В.Г. Шишова // *Вопр. авиац. и космич. анатомии.* – Л.: ЛМИ им. акад. И.П. Павлова, 1968. – С. 93–100.
60. Яздовский, В.И. Проблемы космической биологии / В.И. Яздовский. – М.: Знание, 1964. – 80 с.
61. Pashenko, P.S. Structural rearrangements in the gray matter of the spinal cord after gravitational overloading / P.S. Pashenko, B.V. Risman // *Neuroscience and Behavioral Physiology.* – 2001. – Vol. 33. – № 4. – P. 369–373.
62. Pashenko, P.S. Structural organisation of the area postrema in normal rats and in conditions of chronic gravitational overload / P.S. Pashenko, A.F. Suchoterin // *Neuroscience and Behavioral Physiology.* – 2001. – Vol. 33. – № 4. – P. 373–390.

P.S. Pashenko, I.V. Gaivoronskiy

History and future prospects of native morphological researches of the gravitational overload action on body at experiment

Abstract. *The analysis and generalization of domestic morphological studies of the gravitational overload effects on the body in the experiment was conducted. An evolution of biological models developed by morphologists and experts in the field of aviation and space medicine was conducted. The three periods in the development of this direction were eliminated. In the initial period it was studied the influence of the impact of gravitational overload effects on the vascular system. The founders of this direction were the staff of the department of normal anatomy of the I Leningrad Medical Institute under the leadership of professor M.G. Prives. It was shown that the study of the effects of overloads in the experiment is an important area of functional morphology. In the second period there were conducted the morphological studies of the nervous system and hemomicrocirculatory stream of internal organs in a gravitational overload effects. The head of this direction was the professor E.A. Dyskin. Using histological, histochemical and morphological techniques it was shown the dependence of the severity of changes in the structure of the walls of blood vessels and nerves of the internal organs on the rise and fall of the gradient magnitude of the overload. The possibility of cumulative effects associated with repeated exposure to overloads was proved. The necessity of interconnecting experimental morphological studies of the impact of gravitational overload effects with other disciplines (aerospace medicine, pharmacology) was proofed.*

Since 1990 at the Department of normal anatomy of MMA named after C.M. Kirov began the third period of morphofunctional studies of the condition of the regulatory systems of the body in a gravitational stress. An experimental biological model of the gravitational overload effects influence taking into account conditions that are adequate to the modern aeronautics was developed. Centrifuge re was equipped with new containers, which made it possible to rotate 20 animals simultaneously. The criteria of diagnosis of cell maladjustment were proved and the examinations of the organs of sympathetic-adreno-medullary and pituitary-adreno-cortical systems under gravitational stress were conducted. The possibilities of application of the methods of pharmacological correction and prevention of disorders in the nervous structures and hemomicrocirculatory stream of masticatory apparatus were studied.

Key words: *gravitation forces, experimental biological model, the sympathetic-adrenergic medullary and pituitary-adrenocortical systems, hemomicrocirculatory bed, gravitation stress, M.G. Prives, E.A. Dyskin.*

Контактный телефон: 8-921-442-16-94; e-mail: i.v.gaivoronsky@mail.ru