

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕИНВАЗИВНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ КАПИЛЛЯРОСКОПИИ В КОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ И В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Ю. И. Гурфинкель^{1,2}, Н. В. Каце¹, О. В. Макеева¹, В. М. Михайлов³

¹ Центральная клиническая больница (ЦКБ) № 1 ОАО РЖД, Москва

² Учреждение Российской академии наук

Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН), Москва

³ Учреждение Российской академии наук ГИЦ РФ —

Институт медико-биологических проблем РАН (ИМБП РАН), Москва

Микроциркуляторное русло является тем местом, где реализуется транспортная функция сердечно-сосудистой системы и тем самым обеспечивается массоперенос и трансапиллярный обмен, направленные на поддержание жизнедеятельности тканей и органов. Метод компьютерной капилляроскопии позволяет с высокой точностью определять как морфологические параметры капилляров ногтевого ложа и окружающих их тканей, так и динамические, в частности, скорость капиллярного кровотока в разных отделах капилляров.

В работе представлены несколько областей медицины, где регулярное исследование капиллярного кровотока в зоне ногтевого ложа позволили существенно расширить представление о функциональных особенностях микроциркуляции в норме и в патологии. В частности, речь идет о многократном исследовании одних и тех же параметров капиллярного кровотока у здоровых людей, находившихся в течение 240 дней в изоляции в рамках проекта SFINCSS-99. Вторая часть работы касается исследования микроциркуляции при воздействии отрицательного давления на нижнюю часть тела (ОДНТ) с помощью пневмовакуумного костюма «Чибис» у здоровых и пациентов с ишемической болезнью сердца и артериальной гипертензией.

Отдельный раздел публикации посвящен возможности использования компьютерной капилляроскопии в клинической практике. Целью этого фрагмента исследований явилось изучение особенностей микроциркуляции кожи (эпониция) у пациентов с артериальной гипертензией, сахарным диабетом 2-го типа. Кроме того, были исследованы две группы здоровых добровольцев в возрасте до 39 лет включительно и здоровых от 40 лет и старше, не имеющих сердечно-сосудистой патологии. Проведенное исследование позволило выделить особенности капилляроскопической картины, характерные для указанных видов патологии.

Преобладание среди пациентов с сахарным диабетом лиц с артериальной гипертензией позволяет высказать предположение о том, что ее появление является компенсаторным механизмом, позволяющим повысить интенсивность обмена между циркулирующей кровью и тканями при наличии утолщения базальной мембраны как следствие отложения мукополисахаридов.

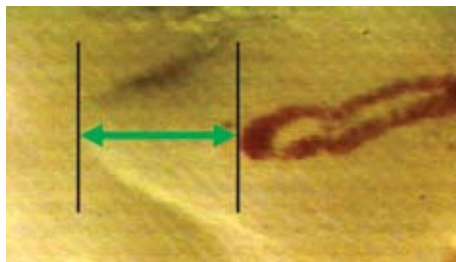
У пациентов, страдающих артериальной гипертензией, в силу определенных патологических процессов происходит ремоделирование микроциркуляторного русла — артериальные отделы капилляров сужаются, в то время как венозные расширяются. Как показали наши предварительные исследования, у пациентов с артериальной гипертензией отношение венозных отделов

капилляров к артериальным существенно выше этих показателей у здоровых, а в ряде случаев превышает цифру 2,0, тогда как у здоровых людей с нормальным артериальным давлением это соотношение составляет не более 1,38 (в группе от 40 лет и старше) и 1,36 (в группе до 39 лет включительно).

Освоение человеком внеземного пространства ставит перед космической медициной ряд новых задач, которые естественным образом переплетаются с задачами медицины практической. Появление качественно новой телевизионной и вычислительной техники дало возможность обработки больших массивов видеоинформации и получения количественных характеристик таких динамично меняющихся процессов как капиллярный кровоток. Разработанный нами *компьютерный капилляроскоп* (Гурфинкель, 1999, 2007) состоит из осветительной системы, создающей и фокусирующей на ногтевом ложе пальца световое пятно. Специальная оптика передает изображение на ПЗС-матрицу видеокамеры, а затем — в компьютер. Капиллярный кровоток, как правило, исследуется в эпонихии 4-го (безымянного) пальца левой руки, для чего палец помещается в специальное устройство для его фиксации. Кровоснабжение ногтевого ложа напрямую зависит от кровообращения в артериях и венах, которые располагаются по боковым поверхностям пальцев. Поэтому пережатие пальца по ходу сосудисто-нервных пучков в латеральных поверхностях не допускается. В ходе исследования пациент не испытывает какого-либо дискомфорта.

Запись капиллярного кровотока обычно проводится в течение 10...20 с для каждой зоны. Исследование при увеличении в 175 раз позволяет оценить плотность капиллярной сети, наличие разрежения, характерного, например, для артериальной гипертонии. Также можно определить количество и степень извитости капилляров, что характерно для микрососудистой сети пациентов, страдающих сахарным диабетом.

Детальное изучение капилляров проводится при увеличении в 400 раз. Рекомендуется записывать не менее 15...20 капилляров, которые следует располагать на экране таким образом, чтобы можно было измерить диаметры капилляров в артериальном, переходном и венозном отделах, периваскулярную зону — ее линейный размер от максимально удаленной точки до наиболее близко стоящей точки переходного отдела капилляра (рис. 1). При этом же увеличе-



×400

Рис. 1. Периваскулярная зона («перпендикулярный» размер в микронах)

нии проводится определение скорости кровотока в артериальном, переходном, венозном отделах капилляров, наличия агрегатов и длительности стаза.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАПИЛЛЯРНОГО КРОВОТОКА У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ

Исследования показателей микроциркуляции в ногтевом ложе методом компьютерной капилляроскопии проводились в течение 240 суток у четырех здоровых мужчин (37, 40, 41, 48 лет), в рамках подготовки к длительному пребыванию человека в космосе. Эксперимент получил название SFINCSS-99 (Simulation of Flight of International Crew on Space Station). Начиная с 3 июля 1999 г., регулярно три раза в неделю в интервале от 13:00 до 14:00, в условиях длительной изоляции и относительной гипокинезии испытуемые (трое из них по специальности — врачи) выполняли запись капиллярного кровотока. Из гермокамеры (рис. 2), где находились испытуемые, полученные данные поступали во внешний персональный компьютер сопровождения для архивации на лазерных дисках и последующей обработки с помощью специально разработанного программного обеспечения.

У всех испытуемых наблюдалось волнообразное изменение показателей микроциркуляции в минутном, недельном, месячном диапазонах времени, диаметры артериального, переходного и венозного отделов капилляров в период изоляции были выше, чем в фоновый период. Средние значения скорости капиллярного кровотока в фоновом периоде (т. е. до 240-дневной изоляции) составили $730,5 \pm 70$ мкм/с и оказались статистически ($p < 0,001$) значительно ниже, чем в период изоляции $1330,8 \pm 125,5$ мкм/с. Это относится также к размерам периваскулярной зоны: до изоляции — $96,6 \pm 4,2$ мкм; в период изоляции — $104,7 \pm 3,4$ мкм. За период изоляции участники эксперимента прибавили в весе в среднем на 2,5 кг.

Перед началом эксперимента с длительной изоляцией группа сотрудников лаборатории магнитосферно-ионосферных связей Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН (ИЗМИРАН) провела измерение магнитных свойств помещения, где предстояло находиться четырем испытуемым. Результаты измерений показали, что постоянные и переменные поля внутри помещения для испытуемых существенно отличаются от нормальных, имеют экранирование постоянных полей от 1,4 до 5,4 раз. Коэффициенты экранирования постоянного магнитного поля на уровне спального места составили 1,66; 1,69; 3,15; 2,0 (табл. 1).



Рис. 2. Экспериментальная гермокамера в Институте медико-биологических проблем РАН

Таблица 1. Показатели средней скорости капиллярного кровотока у испытуемых 1, 2, 3, 4 в период спокойной геомагнитной обстановки и двух магнитных бурь (МБ)

Показатели	Средняя скорость капиллярного кровотока V (мкм/с)			
	37	40	41	48
Возраст				
Среднее значение V для спокойной геомагнитной обстановки	1276±101	1158±98	1398±115	1491±138
МБ 13/11/99 А-инд 44	923	842	1200	498
МБ 12/02/00 А-инд 42	684	1084	1098	987
Коэффициент экранирования постоянного магнитного поля на уровне спального места	1,66	1,69	3,15	2,0

Данные о скорости капиллярного кровотока каждого из четырех испытуемых были сопоставлены с А-индексом (данные представлены ИЗМИРАН). Результаты исследований показали, что в период высоких значений А-индекса (42 и 44) отмечено существенное снижение скорости капиллярного кровотока у всех испытуемых, кроме 3-го. Коэффициент экранирования постоянного магнитного поля на уровне его спального места составил 3,15. Наибольшее снижение скорости капиллярного кровотока в период двух больших магнитных бурь обнаружено у испытуемого 4, самого старшего в группе. Эти результаты согласуются с данными работы (Бреус и др., 2008), выявившими влияние геомагнитных возмущений на показатели сердечно-сосудистой системы космонавтов при длительном пребывании на орбите.

Полученные результаты дают основания для проведения в условиях невесомости многодневного неинвазивного мониторинга параметров микроциркуляции. Знания о влиянии микрогравитации и геомагнитных возмущений на капиллярный кровоток может представлять большой интерес для космической медицины с точки зрения протекания различных физиологических и адаптационных процессов в условиях длительных космических миссий. В частности, речь идет также и об адекватном контроле и компенсации механизмов снижения ортостатической устойчивости во время полета и послеполетном периоде. С этой целью нами были проведены исследования влияния дозированного вакуума (отрицательного давления на нижнюю часть тела — ОДНТ) с помощью специально разработанного пневмокостюма «Чибис».

В первой группе функциональная проба с воздействием ОДНТ в пневмокостюме «Чибис» проведена у 12 здоровых добровольцев среднего возраста — восьми мужчин в возрасте от 45 до 60 лет ($54,6 \pm 4,5$) и у четверых молодых здоровых добровольцев в возрасте $26,8 \pm 4,2$ лет (от 21 до 31 года). В этой группе имеются статистически достоверные отличия возраста участников старшей и молодой подгрупп. Во вторую группу вошли пациенты с артериальной гипертензией (АГ) на фоне ишемической болезни сердца (ИБС) — 18 мужчин в возрасте от 35 до 68 лет ($52,6 \pm 8,5$), в третью — пять мужчин с ИБС в возрасте от 46 до 63 лет ($54,4 \pm 6,0$).



Рис. 3. Проведение пробы с ОДНТ под контролем показателей микроциркуляции в эпонихии. В кольце — четвертый палец испытуемого в фокусе капилляроскопа; на экране монитора — изображение капилляров

Участникам эксперимента были выполнены рутинные клинические исследования, а также Эхо-КГ с определением фракции выброса, компьютерная капилляроскопия в покое, позволившие допустить их к проведению функционально-нагрузочных проб, в том числе и ОДНТ.

Компьютерная капилляроскопия проводилась в положении лежа (рис. 3), в утренние часы, примерно через 2...2,5 ч после приема пищи, при комфортной для обследуемого температуре окружающей среды (21...24 °С) и при его удовлетворительном самочувствии. Проба с воздействием ОДНТ включала пять минут регистрации исходных значений показателей общей гемодинамики и микроциркуляции, затем над нижней половиной тела обследуемого создавалось постепенно увеличивающееся разрежение: 25 мм рт. ст. — 1 мин, 35 мм рт. ст. — 2 мин, 40 мм рт. ст. — 3 мин, 50 мм рт. ст. — 3 мин. ЭКГ (12 отведений), частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолическое (САД) и диастолическое артериальное давление крови (ДАД) регистрировали ежеминутно по ходу исследования.

После окончания пробы давление в пневмокостюме уравнивалось с атмосферным и в течение завершающих пяти минут все показатели приближались к исходным, продолжалась регистрация изучаемых параметров.

Как показали предварительные исследования, скорость капиллярного кровотока в разных отделах капилляров неодинакова. Наиболее высокая скорость отмечается в артериальном отделе капилляра, наиболее низкая — в переходном отделе. В связи с этим в нашем исследовании скорость капиллярного кровотока определялась в каждом вышеназванном отделе капилляра. Для наглядности введен коэффициент K_V , рассчитываемый по формуле

$$K_V = V_a / V_b,$$

где V_a — скорость кровотока в артериальном отделе капилляра, V_b — скорость в венозном отделе.

Все обследуемые удовлетворительно перенесли пробу с воздействием ОДНТ. Получены результаты, свидетельствующие о разных типах реакции капиллярного кровотока на процедуру ОДНТ у здоровых людей молодого и старшего возраста. Установлено, что у здоровых людей старшей возрастной группы ($54,7 \pm 3,2$ лет) уже в начальной фазе снижения давления воздуха в пневмокостюме (-25 мм рт. ст.) отмечается прирост скорости капиллярного кровотока до $23,5\%$, после чего, по мере снижения давления воздуха в пневмокостюме, она падает, достигая минимума в фазе -50 мм рт. ст. на второй минуте. У молодых добровольцев прирост скорости капиллярного кровотока в начальных фазах ОДНТ был незначительным, однако при максимальном разрежении возрос на 60% , что, по-видимому, свидетельствует о больших компенсаторных возможностях лиц молодого возраста.

Установлено, что у больных с АГ+ИБС прирост скорости капиллярного кровотока в начальной фазе ОДНТ (-25 мм рт. ст.) составляет $19,5\%$, что приближается к значениям, полученным у здоровых людей старшей возрастной группы. Однако в отличие от них, в фазах ОДНТ -40 и -50 мм рт. ст. скорость капиллярного кровотока не падает, а достоверно возрастает на 20% .

Получены также результаты, свидетельствующие о том, что у пациентов с ИБС скорость капиллярного кровотока в покое и в начальной фазе ОДНТ достоверно ниже, чем у здоровых добровольцев младшей и старшей возрастных групп, а также у пациентов с ИБС + АГ (рис. 4).

Проведенные исследования также показали изменение соотношения скорости в артериальном и венозном отделах в ходе пробы ОДНТ. Самые низкие значения отмечены в группе пациентов с ИБС и пациентов с артериальной гипертензией и ИБС, у которых в фазах ОДНТ -40 и -50 мм рт. ст. скорость в венозном отделе капилляра достоверно превалировала над скоростью в артериальном отделе капилляра (рис. 5).

Основным воздействующим физиологическим эффектом ОДНТ является уменьшение объема активно циркулирующей крови с депонированием ее в зоне декомпрессии и, как следствие, — уменьшение венозного возврата к правому желудочку сердца, которое приводит к снижению сердечного выброса. Вот почему выраженная тенденция к увеличению средней скорости капиллярного кровотока у больных с нарушениями функции кровообращения может рассматриваться как компенсаторная реакция на воздействие ОДНТ, а уменьшение коэффициента K_V свидетельствует о превалировании скорости венозного кровотока над артериальным, что можно расценить как неблагоприятный прогностический признак снижения функции сердечно-сосудистой системы.

Использование компьютерной капилляроскопии при ОДНТ показало применимость метода для неинвазивного определения параметров микроциркуляции у здоровых добровольцев и пациентов с кардиальной патологией.

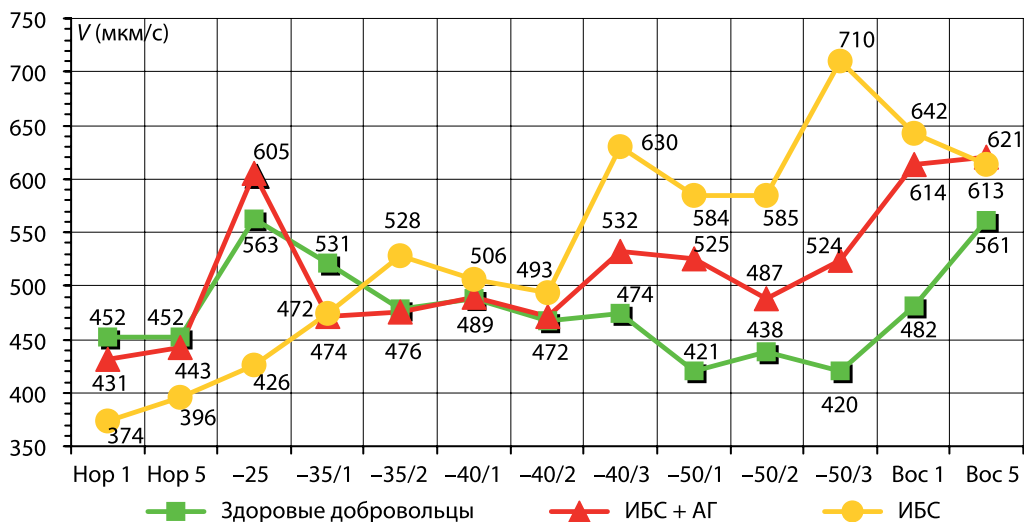


Рис. 4. Средние значения скорости капиллярного кровотока при проведении пробы ОДНТ в трех группах испытуемых

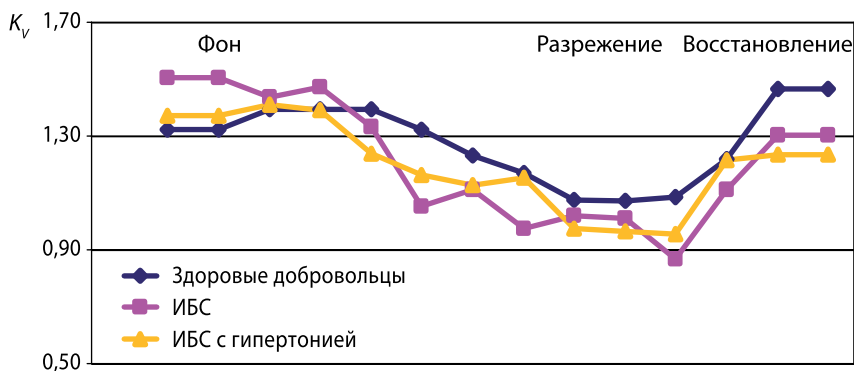


Рис. 5. Значения коэффициента K_v при проведении пробы ОДНТ

Метод компьютерной капилляроскопии позволяет с высокой точностью определять как морфологические параметры капилляров ногтевого ложа и окружающих их тканей, так и динамические, в частности, скорость капиллярного кровотока, что может быть использовано в условиях микрогравитации для контроля показателей микроциркуляции, а также эффективности применения ОДНТ в рамках комплексной оценки системы кровообращения.

В результате проведенных исследований впервые показано влияние ОДНТ на параметры микроциркуляции в эпонихии ногтевого ложа руки у здоровых и пациентов с ИБС, а также пациентов с артериальной гипертензией на фоне ИБС.

Использование компьютерной капилляроскопии в ходе пробы ОДНТ позволило получить новую информацию о влиянии ортостаза на микроциркуляторное сосудистое русло и впервые отдельно оценить скорость кровотока в артериальном, переходном и венозном отделах капилляров.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ КАПИЛЛЯРОСКОПИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Артериальная гипертензия (АГ) является самым распространенным сердечно-сосудистым заболеванием. По данным эпидемиологических исследований, повышенное артериальное давление ($> 140/90$ мм рт. ст.) выявляется у 40 % взрослого населения России (*Шальнова* и др., 2001). Тяжесть и прогноз течения АГ зависит от развития сосудистых осложнений. Одним из главных органов-мишеней при АГ является головной мозг. Функциональные и органические изменения сосудов головного мозга и связанная с ними симптоматика часто занимают ведущее место в клинической картине АГ (*Кушаковский*, 2002). При этом чем раньше манифестирует артериальная гипертония, тем больше вероятность развития цереброваскулярных осложнений и когнитивных нарушений в последующем (*MacMahon*, 2000). В свою очередь, цереброваскулярные осложнения: мозговой инсульт (МИ) и транзиторная ишемическая атака (ТИА) — значительно ухудшают качество жизни и прогноз у пациентов с АГ. МИ является одной из главных причин смертности и инвалидизации во всех развитых странах мира. Ежегодно в мире около 10 млн человек переносят МИ, а в России — более 450 тыс. (*Скворцова*, 2005).

Все возрастающий темп жизни, непрерывное повышение требований к человеку, диктуемые этим темпом на фоне низкой физической активности, обильного питания, курения и других факторов риска ишемической болезни сердца приводят к преждевременному изнашиванию сердечно-сосудистой системы, о чем свидетельствует рост за последние годы таких заболеваний как АГ и ИБС. Так, в структуре смертности населения России болезни системы кровообращения составляли в 1995 г. 52,8 %, а в 2005 г. — 56,5 %. По данным 13-го ежегодного демографического доклада (2007) главной причиной падения продолжительности жизни у женщин и мужчин РФ были и остаются болезни системы кровообращения (*Население...*, 2007).

В связи с широкой распространенностью сахарного диабета (СД), быстрым ростом числа больных, их ранней инвалидизацией и высокой смертностью эксперты Всемирной организации здравоохранения определили ситуацию с СД как эпидемию неинфекционного заболевания. По прогнозу ВОЗ, к 2010 г. в мире будет насчитываться около 239 млн больных СД, причем из них 90 % со 2-м типом СД.

Целью этого фрагмента исследований явилось изучение особенностей микроциркуляции кожи (эпонихия) у пациентов с АГ, сахарным диабетом 2-го типа (СД-2) и пациентов с сахарным диабетом 2-го типа, течение которого осложнено наличием АГ (СД-2 + АГ). Кроме того, были исследованы

две группы здоровых добровольцев (ЗД) в возрасте до 39 лет включительно (ЗД-1) и старше 40 лет (ЗД-2), не имеющих сердечно-сосудистой патологии. Существенным отличием капилляроскопа нового поколения (НЭТ, Россия) является использование высокоскоростной записи капиллярного кровотока — свыше 100 кадр/с, что дает возможность различить в потоке без нарушения четкости перемещающиеся форменные элементы крови.

В табл. 2 представлено распределение по группам испытуемых и средним значениям возраста. В группу волонтеров до 39 лет включительно вошло 20 человек, средний возраст — $28,9 \pm 4,5$, в старшую группу здоровых добровольцев — от 40 лет — 17 человек ($52,5 \pm 6,8$). Группу пациентов с артериальной гипертензией составили 25 человек — от 27 до 82 лет ($47,4 \pm 12,3$). В группу пациентов с сахарным диабетом 2-го типа (СД-2) вошло 9 человек — от 34 до 64 лет ($51,6 \pm 8,2$). Группу пациентов с сахарным диабетом 2-го типа, течение которого осложнено наличием артериальной гипертензии (СД-2 + АГ), составили 28 человек от 38 до 76 лет ($52,8 \pm 7,6$). Исследование проводилось в положении сидя после 20...30 мин отдыха при температуре $21...24$ °С.

Таблица 2. Показатели микроциркуляции (средние значения) в эпонихии здоровых добровольцев и пациентов с артериальной гипертензией (АГ), сахарным диабетом 2-го типа (СД-2) и пациентов с сахарным диабетом 2-го типа, осложненным артериальной гипертензией (СД-2 + АГ); общее количество исследуемых — 99 человек

Исследуемые группы	Распределение по группам	Возраст	Периваскулярная зона	Коэффициент соотношения диаметров венозного отдела капилляра и артериального K_d	Средняя скорость капиллярного кровотока V (мкм/с)	Коэффициент отношения скорости капиллярного кровотока в артериальном отделе к венозному K_v
Волонтеры до 39 лет	20	$28,9 \pm 4,5$	93,3	1,36	762,2	1,32
Волонтеры старше 40 лет	17	$52,5 \pm 6,8$	97,7	1,38	689,1	1,32
АГ	25	$46,9 \pm 12,3$	109,7	1,67	766,2	1,74
СД-2	9	$51,6 \pm 8,2$	112,5	1,59	536,7	1,54
СД2 + АГ	28	$53,8 \pm 7,6$	114,6	1,62	681,8	1,69

Проведенное исследование позволило выделить особенности капилляроскопической картины, характерные для таких нозологических форм как артериальная гипертензия; сахарный диабет 2-го типа; сахарный диабет 2-го типа, осложненный артериальной гипертензией. Результаты исследования микроциркуляции в эпонихии здоровых добровольцев и пациентов представлены в табл. 2. Наглядно видно, что отношение диаметров венозных отделов капилляров к артериальным существенно выше у пациентов с АГ и пациентов с АГ и СД 2-го типа, чем у здоровых добровольцев обеих групп ($p < 0,05$). Такая же картина наблюдается с соотношением скоростей в артериальном/венозном

отделах. Самая низкая средняя скорость наблюдалась у пациентов с СД-2 и у пациентов с АГ и СД 2-го типа ($p=0,04$) по сравнению с здоровыми волонтерами старшей группы. В этих группах выявлены самые высокие значения периваскулярной зоны.

Преобладание среди пациентов с сахарным диабетом лиц с артериальной гипертензией позволяет высказать предположение о том, что появление артериальной гипертензии служит компенсаторным механизмом, позволяющим повысить интенсивность обмена между циркулирующей кровью и тканями при наличии утолщения базальной мембраны как следствие отложения мукополисахаридов (Строков, 2003).

У пациентов, страдающих АГ, в силу определенных патологических процессов происходит ремоделирование микроциркуляторного русла: артериальные отделы капилляров сужаются, в то время как венозные отделы расширяются. Как показали наши предварительные исследования, отношение венозных отделов капилляра к артериальным существенно выше этих показателей у здоровых людей, а в ряде случаев превышает значение 2,0, тогда как у здоровых людей с нормальным артериальным давлением это соотношение составляет не более 1,38 у здоровых добровольцев старшей группы и 1,36 в группе до 39 лет.

Прямые измерения, выполненные в эксперименте на животных (Чернух, Алексеев, 1982), показали, что на длинном пути от аорты до мелких артерий включительно среднее давление крови снижается всего лишь на 30...35 %, в то время как на сравнительно коротких путях микроциркуляции оно падает в 7...10 раз (с 65...70 до 7...10 мм рт. ст.), т. е. на этом отрезке кровеносной системы поток крови испытывает наибольшее сопротивление. Сужение артериальных отделов капилляров, вероятно, приводит к дальнейшему росту АД для преодоления этого сопротивления и адекватной перфузии тканей. Наши исследования подтвердили также наличие уменьшенного количества капилляров на единицу площади у пациентов с АГ. Обнаружение подобных характерных признаков заболеваний при скрининговых исследованиях поможет своевременно выявить наличие артериальной гипертензии, даже если в момент исследования пациента его артериальное давление находится в пределах нормальных значений. Особенно это актуально для лиц, управляющих транспортом, диспетчеров разных высокотехнологичных и потенциально опасных производств и служб, где от своевременного и правильного принятия решения зависят жизни многих людей.

Исследование, посвященное возможности использования компьютерной капилляроскопии в клинической практике, выполнено в рамках контракта № 02.522.11.2017 от 15.08.08 между ООО «Новые энергетические технологии» и Роснаукой.

ЛИТЕРАТУРА

Бреус Т. К. и др. (2008) Влияние возмущений геомагнитного поля на реакцию адаптивного стресса у космонавтов // Космич. исслед. 2008. Т. 46. № 4. С. 378–383.

- Гурфинкель Ю. И.* и др. (1999) Устройство для автоматической регистрации динамических характеристик процесса (компьютерный капилляроскоп). Пат. 2129266 РФ; № 98109374; заявл. 15.05.98; опубл. 20.04.1999.
- Гурфинкель Ю. И.* и др. (2007) Устройство для неинвазивного мониторинга динамических характеристик капилляров и капиллярного кровотока. Пат. 2294689 РФ; № 2005114949/14; заявл. 18.05.2005; опубл. 10.03.2007, Бюл. № 7.
- Кушаковский М. С.* (2002) Эссенциальная гипертензия. Причины, механизмы, клиника, лечение. СПб.: Медицина, 2002. Т. 416. С. 164–168.
- Население России 2005: 13-й ежегодный демографический доклад. Гос. ун-т – Высшая школа экономики. М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2007. С. 131–185.
- Скворцова В. И.* (2005) Эпидемиология цереброваскулярных нарушений и их связь с АГ // Руководство по артериальной гипертонии / Под ред. Е. И. Чазова. М.: Медицина, 2005. Т. 784. С. 217–245.
- Строков И. А., Аметов А. С., Гурфинкель Ю. И.* и др. (2003) Антиоксидантная терапия диабетической полиневропатии и ретинопатии у больных сахарным диабетом типа 2 // Неврологический журн. 2003. Т. 8. № 2. С. 43–49.
- Чернух А. М., Алексеев О. В.* (1982) Физиологическая роль микроциркуляторного русла. Расстройства микроциркуляции // Руководство по кардиологии. Т. 1. М.: Медицина, 1982. С. 266–277. С. 401–411.
- Шальнова С. А., Деев А. Д., Вихирева О. В.* и др. (2001) Распространенность артериальной гипертонии в России. Информированность, лечение, контроль // Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. 2001. Т. 2. С. 3–7.
- MacMahon S.* (2000) Blood pressure and the risk of cardiovascular disease // New England J. Medicine. 2000. V. 342. P. 50-2.

POTENTIALITIES FOR NONINVASIVE COMPUTER CAPILAROSCOPY IN SPACE MEDICINE AND IN CLINICAL PRACTICE

Yu. I. Gurfinkel^{1,2}, N. V. Katse¹, O. V. Makeeva¹, V. M. Mikhailov³

¹ *Central Clinical Hospital Nr. 1, JSC “Russian Raylways”, Moscow*

² *Space Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow*

³ *Cardio-Respiratory Department (Aviation and Aerospace Medicine)
State Scientific Centre — Institute for Biomedical Problems (IBMP), Moscow*

Capillaries play a critical role in cardiovascular function as the point of exchange of nutrients and waste products between the tissues and circulation.

The computerized capillaroscope (Russia) give possibilities to quantify: perivascular zone size, capillary diameters and blood flow velocity in the arterial, transition, and venous limbs. Goals of our investigation were to analyze the spectrum of microcirculation parameters and collection of baseline data healthy subjects during extended isolation (240 days) and relative hypokinesia as a model of space mission. Long-term ground-based experiment SFINCSS-99 simulated some spaceflight effects on human organism. Combined with arterial blood pressure measurement, and pulse determination, the fairly high sensitivity of the computer capillaroscopy to LBNP test

can provide important information about reaction of the cardiovascular system to gravitational redistribution of blood in human body in extreme conditions.

According to the observations, study of microcirculation parameters is an easy-to-make, noninvasive, sensitive and highly information-valued technique that reveals the pattern of cycle processes and the adaptation capacities of human body during a long-term experiment, therefore its exploit in long-term space missions could be recommended.

The separate section of the publication is devoted to an opportunity of use computer capillaroscopy in clinical practice. The purpose of this fragment of researches was studying features of nailbed microcirculation at patients with an arterial hypertension and type 2 diabetes. Besides two groups of healthy volunteers in the age of till 39 years inclusive have been investigated and is more elder than 40 years which are not having a cardiovascular pathology.

Prevalence among patients with a diabetes of persons with an arterial hypertension allows to come out with the assumption that occurrence of an arterial hypertension is the part of compensatory the mechanism, allowing to raise intensity of an exchange between circulating blood and tissues at presence of a thickening basal membranes as a consequence of deposition mucopolysaccharides.

The patients suffering from hypertension, in consideration of the certain pathological processes have the remodeling microvasculature: arterial limbs of capillaries become narrow, while venous limbs of capillaries extend.

As have shown our preliminary study, the ratio of venous limbs of a capillaries to arterial limb is essentially higher than these parameters at healthy volunteers, and in some cases exceeds meaning factor 2,0 whereas at healthy people with normal arterial pressure this ratio makes no more than factor 1,38 at healthy volunteers of the elder group and 1,36 in group till 39 years inclusive.