

Статті

УДК 612.135+213.52

З.Р.Зуннунов

Адаптивные и дизадаптивные изменения системы микроциркуляции в климатических условиях аридной зоны

У 134 чоловіків (від 18 до 28 років) корінного (62 людини) та некорінного (72 людини) населення вивчали стан мікроциркуляційного русла бульбарної кон'юнктиви і шкіри нігтьового валика. Виявлено, що за умов теплового дискомфорту у корінного населення компенсація настає за рахунок ущільнення капілярної сітки, розкриття раніш не функціонувалих та плазматичних капілярів при збереженні тонуса венул і артеріол, підвищення кількості «гігантських» капілярів. В цьому випадку кровотік був суцільний, рівномірний, помірно прискорений. У некорінного населення число функціонуючих капілярів не збільшувалося, однак від напруги розширювалися артеріоли та венули, кровотік в них різко прискорювався, у окремих людей спостерігався «сладж феномен» I ступеня.

Таким чином, зміни мікроциркуляції за умов теплового дискомфорту у корінного населення настають легко за рахунок існуючих структурно-морфологічних можливостей, у некорінного населення — з напругою, за рахунок функціональних резервів, які є у даний момент.

Введение

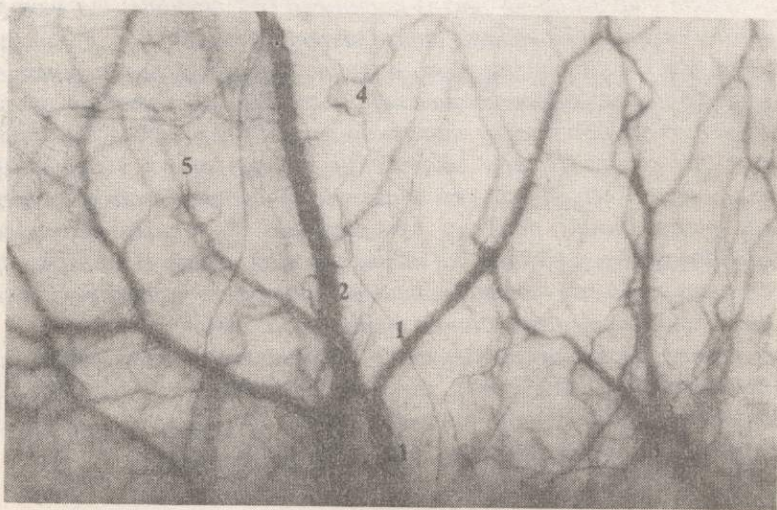
В биоклиматическом отношении аридная зона характеризуется специфическими особенностями — значительной продолжительностью и интенсивностью солнечной радиации, высокой летней температурой и сухостью воздуха [3, 9]. Адаптация в этих условиях сопровождается сложной перестройкой физиологических механизмов, обеспечивающей гомеостаз прежде всего сердечно-сосудистой системы, поддерживающей кровоснабжение жизненно важных органов на относительно постоянном уровне [7, 11]. Развиваются специфические реакции, характеризующиеся определенной временной и структурной организацией [12]. В этом интегральном многогранном ответе организма среди первичных эффекторных реакций сердечно-сосудистой системы ведущее место занимают изменения в системе микроциркуляции [5]. Известно, что микроциркуляторное русло, обладая высокой пластичностью, легко приспосабливается к постоянно изменяющимся условиям функционирования органов и тканей [2, 10].

Исходя из изложенного, мы поставили цель изучить адаптивные и дизадаптивные изменения микроциркуляции здорового коренного и некоренного населения аридной зоны.

Методика

Для биоклиматической оценки региона Термеза нами были статистически обработаны на ЭВМ значения метеорологических показателей (атмосферного давления, температуры, абсолютной и относительной влажности воздуха, скорости ветра, парциальной плотности кислорода в атмосферном воздухе), а также для определения дискомфортных по теплоощущению метеоусловий проведены расчеты эквивалентно-эффективной температуры воздуха за 11 лет (21-й цикл солнечной активности).

Состояние микроциркуляции оценивали по методу конъюнктивальной биомикроскопии с помощью фотощелевой лампы фирмы «Карл Цейс Йена». Исследования проводили в затемненном помещении, что позволяло вести длительное визуальное наблюдение. Биомикроскопию производили при увеличении $\times 40$ и дополнительном увеличении при фоторегистрации до $\times 64$ и $\times 100$ с одновременной идентификацией сосудов: артериол, прекапилляров, капилляров, посткапилляров и венул (рисунок). Кровообращение на



Прямые артериолы (1), расположенные параллельно венулам (2), менее контрастны, чем венулы. Соотношение артериол к венулам — 1:1,9. Незначительная (плавная) извилистость венул (3) на отдельных участках. Прекапилляры (4) и капилляры (5) создают мелкоячеистую структуру. $\times 100$.

данном уровне оценивали в момент непосредственного микроскопирования и после получения микрофотографий, которые использовали для калиброметрического анализа. При биомикроскопии конъюнктивы обращали внимание на морфологические сосудистые и внесосудистые изменения. Изучали реологические характеристики кровотока в терминальном русле: скорость его на различных участках микрососудистого русла, феномен внутрисосудистой агрегации эритроцитов, а также фиксировали участки стаза и микротромбоза.

Такие показатели, как число функционирующих капилляров в определенном поле зрения, калибр микрососудов, активность артериоло-венулярных шунтов, рассматривали как важные функциональные характеристики, определяющие интенсивность капиллярной перфузии и транскapиллярного обмена.

Исследования проводили лишь в тех случаях, где предварительно были исключены заболевания глаз и конъюнктивы. Результаты конъюнктивальной биомикроскопии оценивали по способу Волкова с модификации Тро-

цюк [1]. При этом учитывали внесосудистые изменения, определяемые как внесосудистый конъюнктивальный индекс — КИ 1, сосудистые изменения — КИ 2 и внутрисосудистые — КИ 3. Сумма показателей составила общий конъюнктивальный индекс — КИО. Выраженность изменений признаков микроциркуляции, составляющих КИ 1, КИ 2, КИ 3, оценивали по шкале баллов: 0 — отсутствие признаков, 1 — маловероятные изменения и 2 — резко выраженные изменения. Поскольку этот метод общепринятый и описан во многих источниках [1, 6], мы не приводим его полного описания.

Для исследования микроциркуляции в микрососудах кожи ногтевого ложа нами разработан (с нашей точки зрения вполне приемлемый) способ количественно-качественной оценки микроциркуляции по результатам капилляроскопии (удостоверение № 56 от 13.01.86 г.). При капилляроскопии выраженность качественных сдвигов оценивается количественно в баллах: 0 — отсутствие патологических признаков, 1 — умеренно выраженные изменения, 2 — резко выраженные изменения. Это дает возможность наряду с качественным анализом производить всестороннюю математическую, в том числе машинную обработку на ЭВМ.

Оценку проводили следующим образом: капилляроскопический фон розовый — 0 баллов, бледно-розовый, «мутный» — 1 балл, цианотичный — 2 балла. Капилляры просматриваются хорошо — 0 баллов, слабо — 1 балл, муфты вокруг капилляров — 2 балла. Число капилляров на 1 мм^2 6—12 — 0 баллов, более 12 — 1 балл, менее 5 — 2 балла.

Извилистые (неравномерные) капилляры: единичные — 0 баллов, $1/3$ часть капилляров — 1 балл, $2/3$ части капилляров и более — 2 балла. Стазы в единичных сосудах — 1 балл, в $1/3$ части и более капилляров — 2 балла. Агрегация эритроцитов в $1/3$ части капилляров — 1 балл, в $2/3$ части капилляров и более — 2 балла. Перикапиллярная отечность слабо выражена — 1 балл, выраженная — 2 балла, геморрагия отсутствует — 0 баллов, в единичных сосудах (до 3) — 1 балл, множественных — 2 балла. Тонус капилляров сохранен — 0 баллов, капилляры спазмированы (или спастико-атоничны) — 1 балл, атоничны — 2 балла. Сумма баллов, полученная при оценке всех признаков, представляет собой капилляроскопический индекс — КПИ. Итак, предложенный нами способ, основанный на совокупности результатов капилляроскопии, позволяет количественно и качественно оценить происходящие изменения в микроциркуляторном русле кожи ногтевого ложа.

Обследованы 134 здоровых мужчин в возрасте от 18 до 28 лет, разделенные на две этнические группы: коренные жители (62 человека), многие (3 и более) поколения которых жили в регионе Термеза, и некоренные жители (72 человека), проживающие в Термезе от 1 до 5 лет. Исследования состояния микроциркуляции проводили в комфортных погодных условиях при эквивалентно-эффективной температуре $17\text{--}24^\circ\text{C}$, а летом (в условиях теплового дискомфорта) — при эквивалентно-эффективной температуре $25\text{--}30^\circ\text{C}$ и выше.

Результаты исследований подвергали статистическому анализу на ЭВМ «ЕС-1055» с помощью пакета статистической обработки «SAS».

Результаты

Результаты биоклиматической оценки региона Термеза показали, что в летние месяцы днем эквивалентно-эффективная температура воздуха находится на уровне теплоощущения «очень жарко» (свыше 30°C), с третьей

декады апреля по третью декаду октября — на уровне «жарко» (25—30 °С). Летом парциальная плотность кислорода в атмосферном воздухе снижается на 28—50 г/м³, в среднем — на 33,5 г/м³ ± 5,4 г/м³ по сравнению с комфортными погодными условиями, т.е. наступает внешняя погодная гипоксия. Следовательно, летом в аридной зоне (в регионе Термеза) наблюдаются гигротермические условия выраженного теплового дискомфорта (гипертермия) в сочетании с внешней гипертермальной погодной гипоксией.

Исследования микроциркуляции показали, что даже в комфортных погодных условиях наблюдаются некоторые структурно-морфологические различия в микроциркуляторном русле у коренного и некоренного населения, несмотря на общность строения. У обследуемых обеих этнических групп на биомикрограммах микроциркуляторного русла бульбарной конъюнктивы артериолы, в основном, прямые, светлые и менее контрастные, чем вены. Соотношение артериол и венул составило у коренных жителей 1:2, у некоренных — 1:2:3.

При визуальном наблюдении кровотока в сосудах, как правило, сплошной, равномерный. Параллельно артериолам располагались вены, скорость кровотока в них в 3—5 раз меньше, чем в артериолах того же диаметра. У отдельных людей обеих этнических групп можно было видеть неравномерность калибра сосудов, незначительную (плавную) извилистость вен на ограниченных участках, ясный фон. Капиллярная сеть бульбарной конъюнктивы имела мелкоячеистую структуру у людей обеих этнических групп, однако число функционирующих капилляров у коренного населения оказалось на 25—30 % меньше, чем у некоренного. При количественной оценке КИО составил у коренных жителей 2,15 балл ± 0,11 балл, у некоренных — 2,74 балл ± 0,11 балл. Сосудистый индекс составил 1,62 ± 0,08 и 2,1 ± 0,10 соответственно, внутрисосудистый — 0,45 ± 0,06 и 0,57 ± 0,05; периваскулярный — 0,08 ± 0,01 и 0,07 балл ± 0,02 балл (табл. 1).

Таблица 1. Количественно-качественная оценка микроциркуляции у коренного и некоренного населения в комфортных погодных условиях и в условиях теплового дискомфорта (М±m)

Показатель	Комфортные погодные условия		Условия теплового дискомфорта	
	Коренное население	Некоренное население	Коренное население	Некоренное население
Конъюнктивальный индекс				
внесосудистый	0,08±0,01	0,07±0,02	0,54±0,08	1,04±0,11
сосудистый	1,62±0,08	2,10±0,10	2,78±0,13	3,27±0,16
внутрисосудистый	0,45±0,06	0,57±0,05	1,46±0,14	2,87±0,18
общий	2,15±0,11	2,74±0,11	5,45±0,32	7,18±0,50
Капилляроскопический индекс				
	2,19±0,26	2,23±0,26	4,52±0,27	6,23±0,32

При биомикроскопии капилляров кожи ногтевого валика у людей обеих этнических групп отмечалось параллельное расположение капилляров в виде петель, напоминающих форму шпильки. В них различались приводящие сосуды — артериальная бранша, переходное коленце и отводящие сосуды — венозная бранша. Перикапиллярные или внутрикапиллярные изменения не наблюдались. Капилляры кожи у людей обеих этнических групп имели заметные морфологические различия. У коренного населения капилляры длиннее и большего диаметра с меньшим числом их на 1 мм² поверхности (от 5 до 8 капилляров, в среднем — 6,92 ± 0,39), а у некоренного населения — от 8 до 15 (в среднем — 10,61 ± 36), КИ у коренных жителей составил 2,19 ± 0,26, у некоренных — 2,23 балл ± 0,26 балл.

При исследовании в условиях теплового дискомфорта у этих же людей состояния микроциркуляторного русла бульбарной конъюнктивы и кожи ногтевого валика выявлены морфофункциональные сдвиги, проявляющиеся в изменениях формы микрососудов, их числа и характера кровотока. Так, при конъюнктивальной биомикроскопии в этих условиях у коренного населения наблюдалось уплотнение капиллярной сети, что обусловлено увеличением числа функционирующих капилляров за счет раскрытия (в комфортных условиях) ранее не функционировавших и плазматических капилляров, у 15 % обследованных отмечались неравномерность калибра венул, их извилистость. У большинства (87 %) людей коренного населения тонус веноулярного отдела микроциркуляторного русла сохранялся так же, как и тонус артериол, хотя имела тенденция к расширению. У 5 обследованных выявлен локальный периваскулярный отек. Кровоток в микрососудах — сплошной, равномерный, несколько ускоренный.

При витальной капилляроскопии обнаружено, что у коренного населения капилляры кожи ногтевого валика увеличенные, крупные и удлинённые (2 — 3,5 раза) по сравнению с таковыми у некоренного населения в этих условиях (более массивными и несколько расширенными), встречались извитые венозные бранши, у 8 человек из 62 наблюдались «гигантские» капилляры. Линейная плотность капилляров была увеличена у всех обследованных. У 16 % обследованных коренного населения наблюдалась периваскулярная локальная отечность. Внутрисосудистые нарушения не наблюдались, кровоток был сплошным, равномерным, заметно ускоренным.

У некоренного населения выявлены иные изменения. Так, при биомикроскопии бульбарной конъюнктивы у 37,5 % людей определен локальный периваскулярный отек. КИ периваскулярных изменений составил в среднем $1,04 \text{ балл} \pm 0,11 \text{ балл}$ (см. табл. 1). В то же время столь выраженное уплотнение функционирующих капилляров, как это было у коренного населения, не наблюдалось ($P > 0,05$). У 25 % обследованных наблюдалась и неравномерность расположения капилляров. Микрососуды были расширены, средний диаметр венул составил $69,7 \pm 0,6$ (при $50,2 \text{ мкм} \pm 0,5 \text{ мкм}$ в комфортных погодных условиях). Диаметр артериол имел тенденцию к увеличению ($P > 0,05$), поэтому отмечалось уменьшение артериоло-венозного коэффициента (табл. 2). Кровоток в микрососудах возрастал значительно, был сплошным, у 7 обследованных наблюдался «сладж феномен» I степени.

Таблица 2. Изменение показателей, характеризующих состояние системы микроциркуляции, в зависимости от погодных условий ($M \pm m$)

Показатель	Комфортные погодные условия		Условия теплового дискомфорта	
	Коренное население	Некоренное население	Коренное население	Некоренное население
Диаметр венул, мкм	$56,8 \pm 0,4$	$50,2 \pm 0,5$	$66,8 \pm 0,4$	$69,7 \pm 0,6$
Диаметр артериол, мкм	$33,4 \pm 0,5$	$31,3 \pm 0,68$	$34,6 \pm 0,4$	$36,6 \pm 0,7$
Соотношение диаметра артериол и венул	$0,59 \pm 0,01$	$0,62 \pm 0,02$	$0,57 \pm 0,02$	$0,53 \pm 0,03$
Плотность капилляров, мм^{-2}	$6,92 \pm 0,3$	$10,61 \pm 0,3$	$10,12 \pm 0,2$	$12,08 \pm 0,5$

При витальной капилляроскопии кожи ногтевого валика отмечалось значительное расширение венозного колена капилляров (венозная бранша) при менее выраженном расширении артериального колена (артериальная бранша), повышение плотности было достоверным, но не столь выраженным, как у коренного населения. Капилляры имели форму шпилек, у 37

человек наблюдалось расширение капилляров, у 26 % — «карликовые» капилляры с извилистыми расширенными браншами. Обнаруживалось резкое ускорение капиллярного кровотока, который был сплошным, у 12 наблюдалась его зернистость, у 17 — агрегация эритроцитов I степени, у 32 — локальная периваскулярная отечность.

Следовательно, в условиях теплового дискомфорта у некоренного населения развивается напряжение системы микроциркуляции, проявляющееся в сосудистых внутри- и внесосудистых изменениях последней, в основном функционального характера, тогда как у коренного населения, за счет морфологических и структурных возможностей, система микроциркуляции перестраивается без особого напряжения.

Обсуждение

Результаты проведенных нами исследований показали, что в условиях теплового дискомфорта у коренного населения капиллярная сеть значительно уплотняется за счет раскрытия ранее не функционировавших и плазматических капилляров. Капилляры кожи удлиняются, становятся более массивными, нередко встречаются «гигантские» капилляры, кровоток в которых — сплошной, несколько ускоренный. У некоренного населения наблюдается резкое ускорение кровотока, у отдельных обследованных — сладж-феномен I степени, расширение микрососудов, нередко — венозных отделов. Число функционирующих капилляров существенно не увеличивается.

Пусковыми механизмами перестройки микроциркуляции в климатических условиях аридной зоны является, наряду с влиянием внешней гипертермальной погодной гипоксии (в связи со снижением парциальной плотности кислорода в атмосферном воздухе летом), действие чрезмерно жаркой погоды, требующей скорейшего переноса избыточного тепла из внутренних органов на кожные и слизистые оболочки: т.е. на фоне внешней погодной гипоксии развивается циркуляторная гипоксия, обусловленная перераспределением кровотока. Можно полагать, что микроциркуляция, являясь интегральной частью системы кровообращения и обладая значительной морфологической пластичностью, включается как обязательный компонент в адаптацию и компенсацию. По-видимому, обнаруженные нами в данных условиях компенсаторные изменения микрососудов — их извилистость, расширение, раскрытие резервных капилляров, увеличивая поверхность микрососудистого русла и одновременно усиливая кровоток, — являются механизмами, обеспечивающими достаточное поступление кислорода к органам и тканям. Кроме того, снижение в этих условиях температурного градиента между «сердцевинной» и «оболочкой» ведет к развитию компенсаторных реакций, направленных на поддержание в условиях теплового дискомфорта гомеостаза [8] значительным ускорением кровотока к местам теплорассеивания. У коренного населения увеличение теплоотдачи обеспечивается резким возрастанием числа функционирующих капилляров и их удлинения, т.е. без особого их напряжения и существенного ускорения кровотока. У некоренного населения это достигалось в основном за счет резкого расширения микрососудов и значительного ускорения кровотока, т.е. с напряжением.

Следовательно, долговременная адаптация к жаркому климату аридной зоны у коренного населения в течение жизни многих поколений сопряжена с морфофункциональными перестройками — увеличением числа капилляров, способных обеспечить возросшую физиологическую потребность, т.е. с

переходом на новый уровень гомеостаза на структурной основе. У некоренного населения происходила временная адаптационная перестройка микроциркуляторной системы за счет имеющихся в данный момент ресурсов — в основном резким расширением микрососудов и ускорением кровотока в них за счет напряжения всей гемодинамики.

Z.P.Zunnunov

ADAPTIVE AND DISADAPTIVE CHANGES IN THE SYSTEM OF MICROCIRCULATION UNDER CLIMATIC CONDITIONS OF ARID ZONE

State of microcirculatory bed of the bulbar conjunctiva and nail wall skin has been studied in 134 men (18—28 years old) of native (62 men) and non-native (72 men) population. It was found out that under heat discomfort the compensation is observed in native population due to the induration of the capillary network, opening of plasmatic capillaries which did not function before, tonus of venules and arterioles being preserved while the amount of «gigantic» capillaries increased. In this case the blood flow was entire, uniform and moderately accelerated.

The number of functioning capillaries does not increase in non-native population, but arterioles does not increase in non-native population, but arterioles and venules were dilated, blood flow in them became more rapid, sludge-phenomenon of the I stage being observed in some people.

Consequently, the observed changes in microcirculation under heat discomfort are insignificant in the native population due to available structure-morphological potentialities, while in non-native population these changes are accompanied by certain strain at the expense of available functional reserves.

N.A.Semashko Research Institute of Medical Rehabilitation and Physical Therapy, Ministry of Public Health of Uzbekistan, Termez

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков В.С., Аникин В.В., Троцюк А.Г. Состояние микроциркуляции у больных стенокардией // Кардиология. — 1977. — 27, № 5 — С. 41—45.
2. Горизонтова М.П. Влияние вещества Р и его концевых фрагментов на компоненты микроциркуляторной системы в норме и при стрессе // Физиол. журн. СССР им.Сеченова. — 1989. — 75, № 5. — С. 709—715.
3. Зуннунов З.Р. Адаптивные и дизадаптивные реакции внешнего дыхания в климатических условиях аридной зоны // Вопр. курортологии, физиотерапии и лечеб. физкультуры. — 1991. — № 4. — С. 4—8.
4. Киняйкина М.Ф., Рачкова М.А., Беляева И.Е. и др. Состояние микроциркуляции у больных ИБС на этапе реабилитации при изменении гелиогеофизических факторов // Там же. — 1987. — № 1. — С. 48—49.
5. Крылова Н.В., Соболева Г.И., Колобов С.В. Морфофункциональные особенности микроциркуляторного русла кожи у студентов из различных гелиогеографических поясов // Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии. — 1985. — 88, вып. 7. — С. 44—51.
6. Малая Л.Т., Волков В.И. Ишемическая болезнь сердца у молодых. — К.: Здоров'я, 1978. — 456 с.
7. Миращимов М.М. Окружающая среда и хронизация внутренних болезней // XIX Всесоюз. съезд терапевтов: Тез. докл. — М., 1987. — С. 18—19.
8. Султанов Г.Ф. Регионарные сосудистые реакции в процессе интенсивного теплового воздействия на организм: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Л., 1982. — 21 с.
9. Султанов Ф.Ф., Фрейнк А.И. Адаптация человека в аридной зоне // Физиология человека. — 1982. — 8, № 3. — С. 375—388.
10. Чернух А.М., Александров П.Н., Алексеев О.В. Микроциркуляция. — М.: Медицина. — 1975. — С. 456.

Науч.-исслед. ин-т мед. реабилитации и физ. терапии им. Н.А. Семашко Термез. филиал М-ва здравоохранения республики Узбекистан

Материал поступил в редакцию 27.03.93