

А. А. МИХАЙЛОВ, Б. И. КАРУНА,
Г. В. КОСМАЧЕВСКИЙ, С. Ф. ТАНЯНСКИЙ

ОЦЕНКА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРОВ С ПОМОЩЬЮ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОГЕМОЦИРКУЛЯЦИИ

Микроциркуляция является фундаментальным процессом, посредством которого клетки тканей получают питание и освобождаются от метаболитов. Без адекватной микроциркуляции невозможны нормальный обмен веществ и функционирование любого органа тела. О размахе исследований микроциркуляции свидетельствует тот факт, что за последние 20 лет в США проведено 19 национальных конференций, в Европе — 12. Издан ряд программных монографий, среди которых особого внимания заслуживают [1—3].

По выражению академика А. И. Струкова, «окном в микроциркуляцию» является глазное яблоко, его конъюнктивальная и ретиальная микрососудистые сети.

В настоящее время методика микроскопии и микрофотографирования конъюнктивальной микрогемоциркуляции широко используется в клинике при заболеваниях сердечно-сосудистой системы — ревматизме, атеросклерозе, гипертонической и ишемической болезнях сердца, инфарктах миокарда, хирургической, дерматологической патологии и т. д.

В современном понимании система микроциркуляции — это совокупность сосудов с диаметром просвета 2—250 микрон: артериол прекапилляров, капилляров, посткапилляров и венул, упорядоченных по своему расположению в тканях. Все они принимают участие в транспорте крови и в обмене веществ — основной функции живого.

Кровоток в системе микроциркуляции контролируется как центрально, так и местно. Важная регулирующая роль кровотока в микроциркуляторном русле принадлежит местным гуморальным влияниям. Может считаться установленным тот факт, что подобная гуморальная ауторегуляция осуществляется тем интенсивнее, чем менее выражены первые влияния. Таким образом, регуляция периферического кровообращения относительно автономна и в целом сложнее, чем регуляция центрального кровообращения.

Преимущество бульбарной конъюнктивы как объекта исследования микроциркуляции заключается в поверхностном расположении сосудов в одной плоскости, что позволяет в деталях наблюдать движение крови в микрорайоне артериола—капилляр—венула. Хорошее оптическое разрешение достигается благодаря контрасту эритроцитов на белом фоне склеры [4].

Наличие естественной омывающей жидкости — слезы — в известной степени препятствует нагреванию конъюнктивы в результате теплового воздействия осветительного устройства.

Вопрос о том, в какой мере состояние микроциркуляции в конъюнктиве отражает состояние микроциркуляции в других органах и тканях, окончательно не решен. Но как указывает автор работы [5], хотя нет недостатков в критических замечаниях, касающихся неправильности строения конъюнктивального кровотока и условностей распространения полученных результатов на состояние конечного сосудистого русла других органов, тем не менее бульбарная конъюктива, именно вследствие своего «неправильного и нехарактерного» расположения сосудов, представляет идеальные условия для отражения закономерностей системной микроциркуляции.

Для биомикроскопии и микрофотографирования микрососудов бульбарной конъюнктивы применяется отечественный капилляроскоп серийного производства типа М-70 А и зеркальная фотокамера «Зенит», соединенная переходным кольцом с капилляроскопом. Освещение объекта исследования при съемке достигается электронно-импульсной лампой-вспышкой «Луч-70». Голова больного фиксируется с помощью штатива с широким основанием для придания большей устойчивости. На вертикальной стойке штатива располагаются упоры для подбородка и лба. Лампа-вспышка находится на заданном удалении от объекта съемки, что обеспечивает его постоянное освещение. Пульт управления прибором имеет тумблер напряжения на 12 В и включатель электропитания лампы-вспышки. Для исследования применяются окуляры с ув. 4, 10, 15 и объектив с ув. 7. Большое увеличение затрудняет фокусировку оптической системы на объект исследования. Для повышения контрастности изображения микрососудов на фотопленке используется сине-фиолетовый светофильтр. Микрофотографирование производится на черно-белую негативную пленку светочувствительностью 65 ед. по ГОСТу. Установка монтируется на передвижном столике, что позволяет производить исследования микроциркуляции в клинике, поликлинических условиях, выездных амбулаториях, медицинских пунктах промышленных предприятий и т. д.

Анализ микроскопической картины проводится по фотоснимку. Для измерения линейных размеров сосудов на фотографии используется объект-микрометр с ценой деления 0,1 мм (ГОСТ 7513—55). Исследования производятся в сидячем положении больного, который фиксирует взгляд вверх и вправо при исследовании левого глаза, вверх и влево — при исследовании правого. Такая фиксация взора обеспечивает наиболее удобное для исследования расположение микрососудов. Микрососуды конъюнктивы располагаются в поверхностных отделах оптического среза, имеют ярко-красный цвет, малый калибр, ветвисты. Глубже расположены эписклеральные сосуды, отличающиеся

более насыщенной окраской, большим калибром. Кровоснабжение конъюнктивы осуществляется из бассейна внутренней и наружной сонных артерий. Отток крови осуществляется по ветвям из системы глазничной вены.

По микрофотографиям возможна идентификация микрососудов на основании морфологических отличий. Артериолы и вены обычно расположены вместе, артериолы проходят прямыми стволами, вены извилисты, диаметр их больше и они более контрастны на микрофотографиях. Прекапиллярные артериолы, капилляры и посткапиллярные вены отличаются калибром (8—18 мкм) и характером расположения, так как они соединяют артериолы и вены. Стенки сосудов и пристеночный слой плазмы составляют 2—3 мкм и не видны на микрофотографии. Их диаметр возможно определить по видимому осевому слою эритроцитов. Для получения линейного размера сосудов к осевому размеру рекомендуется добавить по 2—3 мкм с каждой стороны. В связи с тем, что в капиллярах эритроциты непосредственно соприкасаются с сосудистой стенкой, их размеры определяются по осевому слою эритроцитов.

Микроскопически можно различать спазм (констрикцию), расширение (релаксацию) микрососудов, внутрисосудистую

Локализация нарушений	Характер нарушений	Степень выраженности нарушений	Оценка нарушений в баллах
Структура и функция микрососудов	Соотношение диаметров артериол и венул	1:3 — 1:5 1:6 — 1:8	1 3
	Нарушение параллелизма сосудов	—	1
	Неравномерность калибра	—	1
	Меандрическая извилистость	—	1
	Венулярные саккуляции	—	1
	Микроаневризмы	—	1
	Сетевидная структура сосудов	—	2
	Изменение количества функционирующих капилляров	Увеличение Резкое уменьшение	1 3
	Артериоло-венулярные анастомозы	—	2
	Внутрисосудистые изменения	Венулы Капилляры	1 2
Внутрисосудистые изменения	Сладж-феномен	Артериолы	3
	Микротромбы	Венулы Артериолы	3 6
	Периваскулярный отек	—	1
	Внесосудистые изменения	Единичные Множественные	1 2
Внесосудистые изменения	Микрогеморрагии	—	1 2

агрегацию эритроцитов, сладж-синдром, внутрисосудистое свертывание крови.

Для количественной оценки изменений конъюнктивальной микроциркуляции высокой информативностью обладает система критериев, приведенная в таблице (по Ю. К. Скрипкину, И. И. Маврову, Б. И. Каруне). Данная система оценки позволяет дать количественную оценку изменения сосудов, вне- и внутрисосудистым нарушениям микроциркуляции, объективно оценить функциональные и морфологические нарушения. Критерии имеют балльную градацию, что позволяет для характеристики нарушений микроциркуляции рассчитать количественный критерий — конъюнктивальный показатель. У здоровых лиц он колеблется от 1 до 6 баллов, в среднем составляет $2,89 \pm 0,04$ балла.

Клиническая апробация данной системы продемонстрировала широкие возможности количественной дифференциальной диагностики изменений микроциркуляции при различных физиологических и патологических состояниях [6].

Мы провели исследования по оценке конъюнктивальной микроциркуляции испытуемых, имитирующих работу оператора на экспериментальной модели пульта управления АСУ ТП в различных временных и скоростных режимах работы.

Проведенные нагрузки сопровождались четкими качественными и количественными изменениями конъюнктивальной микроциркуляции: в динамике работы претерпевали изменения как сосудистый тонус, так и интра- и перивазальный статус. Наиболее существенным и воспроизводимым явлением в системе конъюнктивальной микроциркуляции была реакция резистивных отделов сосудистого русла, в частности, артериол. Последние в динамике сокращались и в результате уменьшалось в сравнении с исходным соотношение диаметров артериол и соответствующих им венул. В то время как исходное соотношение диаметров равнялось 1:2, 1:3, то в конце эксперимента оно достигало 1:4, 1:5. Наряду с констрикцией артериолярного сектора микроциркуляторного русла наблюдалась агрегация эритроцитов, сначала в венулах, а затем и в капиллярах. Агрегация эритроцитов косвенно свидетельствует о нарушении проницаемости кровеносных капилляров. Повышенная агрегация эритроцитов и проницаемость стенок кровеносных капилляров вели к фрагментации кровотока. Последнее явление было непостоянным, обратимым и развивалось преимущественно у испытуемых в возрасте старше 40 лет.

Описанные качественные различия при расчете конъюнктивального показателя по данной системе критериев получили количественное цифровое выражение. Так, если до эксперимента средний конъюнктивальный показатель в целом по группе составлял $3,18 \pm 0,47$ баллов, то после эксперимента он возрос до $4,42 \pm 0,89$ баллов ($P \leq 0,05$).

Таким образом, можно констатировать, что нагрузка приводит к достоверным качественным и количественным изменениям микроциркуляции у операторов с преимущественными нарушениями сосудистого тонуса эритроцитарного гомеостаза.

Известно, что нагрузка у операторов сопровождается изменением функционального состояния нейрогуморальных систем. При этом наблюдается повышенная концентрация в крови адреналина, норадреналина, кортизола и его метаболитов, обладающих синергизмом в отношении воздействия на сосудистую стенку, что в сочетании с изменением функционального состояния центральной нервной системы приводит к вазоконстрикции и изменению эритроцитарного гомеостаза, которые в наших наблюдениях обнаружены в сосудистом русле бульбарной конъюнктивы. Таким образом, можно говорить о выявлении важного нового звена — патологии нейрогуморальной регуляции микроциркуляции в патогенезе синдрома адаптации, частным проявлением которого является рассматриваемый феномен нагрузки у операторов [7].

Выводы. Метод биомикроскопии и микрофотографирования конъюнктивы склеры достаточно информативен для объективной оценки состояния микроциркуляции — важного звена сердечно-сосудистой системы. В эргономических исследованиях данный метод может применяться с целью выявления ранних стадий наступающего утомления, которые другими методами не удастся зарегистрировать. Представляется целесообразным внедрить данный метод в широкую практику эргономических исследований.

Список литературы: 1. Чернух А. М., Александров П. И., Алексеев О. В. Микроциркуляция. — М.: Медицина, 1975. — 456 с. 2. Малая Л. Т., Микляев И. Ю., Кравчук П. Г. Микроциркуляция в кардиологии. — Х.: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1977. — 232 с. 3. Журавлева Е. К., Микляев И. Ю. Микроциркуляция: Указатель литературы 1950—1976. — Х.: Ротапринт ХМИ, 1978. — 103 с. 4. Оценка состояния микроциркуляции методом конъюнктивальной биомикроскопии/В. С. Волков, Н. Н. Высоцкий, В. В. Троцюк, В. И. Мишин. — Клин. медицина, 1976, 54, № 7, с. 115—119. 5. Böhme H. Zschr. inn. med., 1972, 25, S. 670—874. 6. Клиническая диагностика нарушений микроциркуляции у больных экземой. Методические рекомендации/Ю. К. Скрипник, И. И. Мавров, Б. И. Каруна, Ю. Б. Пантелеев. — Х.: ХМИ, 1981. — 15 с. 7. Khydensky J., Mikhajlov A., Miklyayev L. Evaluation of Psychophysiological state of operator's by means of Conjunctival microcirculation. XXII International congress of Psychology. — Leipzig, GDR, Abstract Guide, 1980, 2. — 579 p.

Поступила в редколлегию 28.10.82.