

Т.Н. Обьеденикова, В.В. Усов, О.Г. Константинов, А.Н. Павлов, С.В. Якушин, П.А. Грибань

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

*Владивостокский государственный медицинский университет (Владивосток)  
Тихоокеанский океанографический институт им. Н.И. Ильичева ДВО РАН (Владивосток)  
Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН (Владивосток)*

*Предложен простой, мобильный аппаратно-компьютерный комплекс для изучения совокупной функции микроциркуляторного русла и отдельных его частей. Этот метод позволяет выполнить экспресс-диагностику и мониторинг состояния пациента при серьезных патологических процессах в режиме реального времени и у постели больного. Этот диагностический комплекс позволяет прогнозировать развитие патологического процесса, оценить эффективность проводимого лечения, обосновать необходимость его коррекции.*

**Ключевые слова:** хирургические болезни, микроциркуляция, диагностика, мониторинг

## THE NEW APPROACHES IN STUDYING OF MICROCIRCULATION IN CLINICAL PRACTICE

T.N. Obyedennikova, V.V. Usov, O.G. Konstantinov, A.N. Pavlov, S.V. Yakushin, P.A. Gryban

*Vladivostok State Medical University, Vladivostok  
Ilyichev's Pacific Oceanographic Institute Far-Eastern Branch  
of Russian Academy of Science, Vladivostok  
Institute of automatics and processes of management Far-Eastern Branch  
of Russian Academy of Science, Vladivostok*

*The authors offered the simple mobile apparatus-computer complex for studying of integrated function of microcirculatory vessels and its separate parts. This method allows to carry out express-diagnostics and monitoring of the patient's status at serious pathological processes immediately on the place. This diagnostic complex has been possible to prognosticate development of pathological process, to estimate efficacy of current medical measures, to prove necessity of its correction.*

**Key words:** surgical diseases, microcirculation, diagnostics, monitoring

Микроциркуляция является одним из наиболее важных объектов исследования в медицине в связи с чрезвычайной значимостью процессов, происходящих в регионе терминального кровотока. Термин «микроциркуляция» был введен в 1954 году на конференции по физиологии и патологии микроциркуляции.

Микрососудистое русло состоит из сосудов от 2 до 200 мкм. В системе микроциркуляции выделяют три отдела: кровеносный (микроциркуляторное русло крови), лимфатический (лимфатическое микроциркуляторное русло) и интерстициальный, который связывает кровеносный и лимфатический отделы [5]. Изучение анатомических особенностей микроциркуляторного русла позволили выдвинуть концепцию функционального элемента органа [8].

Дальнейшие исследования позволили полностью пересмотреть взгляды на роль микроциркуляторного русла (МЦР) как на анатомическую терминальную часть кровообращения. В настоящее время доказано, что МЦР осуществляет защитно-барьерную, транспортно-обменную, регенеративно-восстановительную функции [2, 4, 9]. Выявлена активная роль эндотелиоцитов капилляров в патогенезе нарушений кровообращения и в регенеративно-восстановительных процессах.

МЦР — очень реактогенная система, отвечающая на различные патологические воздействия как местной и общей реакцией составляющих ее структурных компонентов, так и изменениями реологических свойств крови. В МЦР возникают стереотипные изменения, особенно характерные для таких экстремальных состояний, как различные виды шока (кардиогенный, ожоговый, травматический и др.), гипертонический криз, стресс любой природы, тяжелые хирургические операции и др.

К числу стереотипных реакций, выявляемых при экспериментальных, морфологических и клинических исследованиях, относят уменьшение капиллярного кровотока, спазм артериол и прекапилляров (резистивной части МЦР), открытие артериоло-венулярных и венуло-венулярных анастомозов, изменение реологических свойств крови, замедление тока крови и нарушение его структуры, расширение и переполнение кровью венул (емкостной части МЦР), агрегация форменных элементов крови, стаз, повышение вязкости крови, сладж-феномен, микротромбы, повышение проницаемости стенок капилляров и венул.

Наряду со стереотипными в МЦР развиваются изменения, характерные для некоторых болезней. Сюда относятся диабетическая ангиопатия, болезни, протекающие с преимущественным по-

ражением сосудов: гипертоническая болезнь, атеросклероз, гипертония малого круга, коллагенозы. При всех перечисленных страданиях болезнь накладывает отпечаток на функциональные структуры микроциркуляции. Компоненты микроциркуляции перестраиваются в соответствии с потребностями организма.

В начальном периоде болезни перестройка носит компенсаторный характер, документирует доклиническую фазу болезни и опережает ее клинические проявления.

Наиболее важным этапом в изучении роли микроциркуляции в поддержании гомеостаза явилось применение выдвинутого еще в 1968 году П.К. Анохиным системно-структурного подхода. Дальнейшие разработки позволили составить представление о системе микроциркуляции и ее закономерностях, которые выражаются в следующем [2, 5, 7, 8]:

- Состояние микроциркуляции есть адекватный интегральный показатель состояния макроорганизма в целом.

- Нарушения микроциркуляции как в эксперименте, так и при различных патологических процессах носят системный характер и обнаруживаются одновременно в различных тканях и органах.

- Выявленные при этом нарушения микроциркуляции носят однотипный характер при различных патологических процессах: ишемия, инфаркт миокарда, шок и др.

Таким образом, исследования микроциркуляции могут явиться высокоинформативным контролем состояния организма в целом, показателем адекватности и переносимости терапии.

Однако в литературе сведения о клинических аспектах нарушения микроциркуляции представлены недостаточно.

По мнению многих исследователей, наибольшим затруднением, сдерживающим широкие исследования процессов микроциркуляции и транскапиллярного обмена в клинике является отсутствие простых, доступных, но объективных и адекватных, методов исследования [1, 3, 4, 6]. Для клиники необходимы, прежде всего, методы, отражающие суммарную функцию микроциркуляции и транскапиллярного обмена.

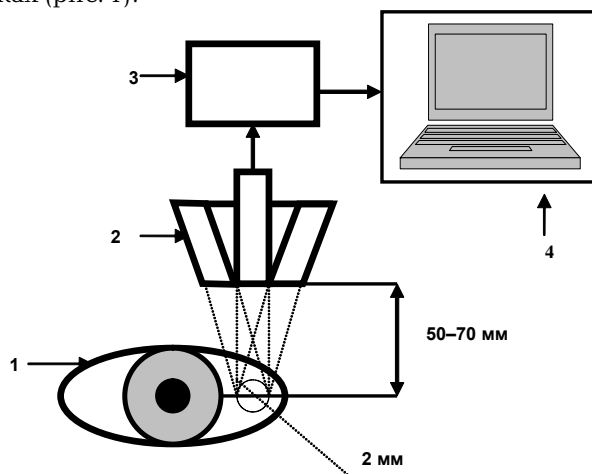
Кроме того, современная балльная система оценки микроциркуляции, эталоном которой является шкала Волкова, — громоздка, трудоемка; для ее реализации необходимо стационарное дорогостоящее оборудование. Данный способ оценки микроциркуляции недостаточно точен и не лишен субъективности. Многим важным признакам даются только описательные характеристики, что затрудняет их динамический анализ в клинике. Не все данные, получаемые этим способом, можно статистически обработать. Все это не дает возможности широко использовать данную систему в критических ситуациях у тяжелобольных [7, 10, 11].

Нами предложен способ экспресс-анализа состояния системы микроциркуляции: биомикроскопия бульбарной конъюнктивы с выделением

клинически значимых структур МЦР при помощи портативного переносного устройства, — позволяющий проводить динамическое исследование у постели тяжелобольных.

Процесс съемки конъюнктивы включает следующие стадии. В компьютер, например, типа ноутбук, работающий под управлением операционной системы Windows 2000, XP или Linux с подключенной к нему видеокамерой загружается разработанная программа управления и обработки измерений. Затем в интерактивном режиме вводится информация о пациенте и параметры управления процессом съемки (количество изображений, линейное увеличение камеры и т.п.). Весь процесс записи и анализа снимков занимает не более 1–2 минут, что в несколько раз быстрее, чем с использованием известных устройств.

Для детального исследования определенной зоны можно увеличить размер снимка. На экран можно выводить сразу несколько любых изображений. Изображения хранятся в памяти компьютера, могут быть распечатаны на видеопринтере или тиражированы на дискетах, оптических дисках (рис. 1).



**Рис. 1.** Принципиальная схема аппаратно-компьютерного комплекса для экспресс-диагностики микроциркуляции. 1 – глаз; 2 – видеокамера; 3 – преобразователь видеосигнала; 4 – портативный компьютер.

Из полученной видеопоследовательности оператором выбираются изображения с максимальными значениями частотно-контрастной характеристики, которые затем подвергаются математической обработке, для определения количества сосудов на единицу площади, распределения их по размерам. Диапазон разрешения видеоизображений составляет от 1 до 10 мкм на пиксель, что позволяет анализировать размеры подавляющего большинства сосудов конъюнктивы глаза пациента с высокой точностью (рис. 2).

Выводы о состоянии микроциркуляции у больных делают по вычисляемым значениям удельной длины всех сосудов капиллярного русла, а также удельной плотности клинически значимых звеньев МЦР. Определены этапы мониторингования состояния МЦР, кратность исследований.

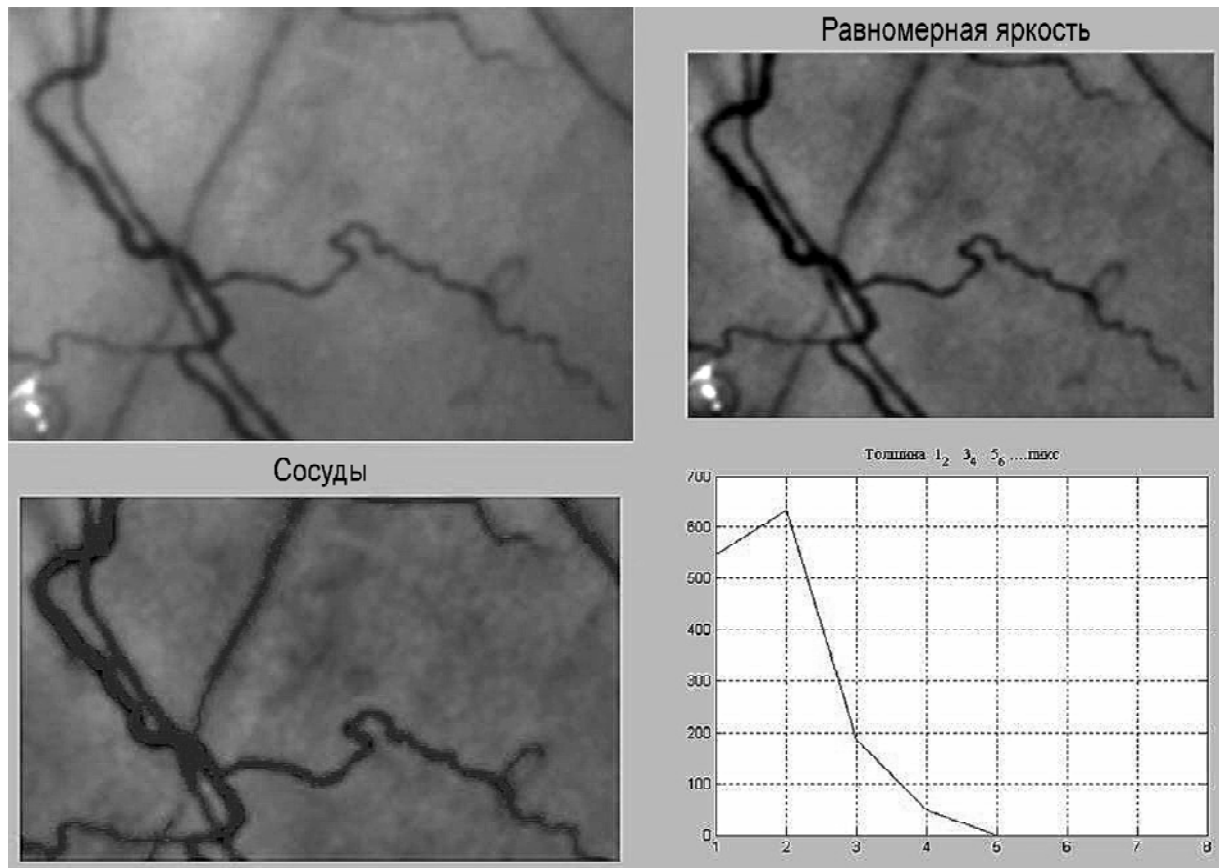


Рис. 2. Этапы обработки полученного изображения МЦР конъюнктивы глаза (видеокадр записи сосудов глаза, выравнивание фона, выделение значимых сосудов, построение графика).

**Изменение удельной длины сосудов МЦР в зависимости от сроков лечения при термических ожогах (ИФ 31 – 60)**

Таблица 1

Время от начала лечения ожоговой травмы (часы)	Удельная длина капилляров							
	Все капилляры		Сосуды диаметром 8–48 мкм		Сосуды диаметром 49–72 мкм		Сосуды диаметром 73–108 мкм	
	абс. (см/см²)	% от нормы	абс. (см/см²)	% от нормы	абс. (см/см²)	% от нормы	абс. (см/см²)	% от нормы
2	4,636	69,4	2,273	43,2	1,598	144,6	0,764	244,3
8	3,667	54,9	1,106	21,0	1,806	163,4	0,755	241,5
16	4,656	69,7	2,239	42,6	1,588	143,7	0,828	264,8
24	5,270	78,9	3,185	60,5	1,445	130,8	0,641	204,9
48	5,631	84,3	3,694	70,2	1,349	122,1	0,587	187,5
72	5,958	89,2	4,237	80,5	1,247	112,9	0,475	151,8
96	6,272	93,9	4,663	88,6	1,203	108,8	0,406	129,9
<b>Норма</b>	<b>6,679</b>	<b>100</b>	<b>5,262</b>	<b>100</b>	<b>1,105</b>	<b>100</b>	<b>0,313</b>	<b>100</b>

На программно-аппаратный комплекс получен патент на полезную модель (№ 58020 от 10 января 2006 г.).

Данное устройство для конъюнктивальной биомикроскопии нами использовалось с целью диагностики тяжести состояний и мониторингования в процессе лечения у 26 больных с термическими ожогами (индекс Франка 31 – 60) и у 19 больных с острым панкреатитом. Контрольную группу составили 126 практически здоровых лиц.

У больных с термической травмой в период ожогового шока отмечено уменьшение общей удельной длины всех капилляров МЦР, удельной длины мельчайших капилляров (8 – 48 мкм), увеличение удельной длины больших сосудов (49 – 128 мкм) (табл. 1).

У больных с выраженным интоксикационным синдромом вследствие острого панкреатита (отечная форма) в острый период заболевания отмечается также уменьшение общей удельной длины капилля-

Изменение удельной длины сосудов МЦР в зависимости от сроков лечения при остром панкреатите (отечная форма)

Время от начала лечения, часы	Длина капилляров							
	Все капилляры		Диаметр 8–48 мкм		Диаметр 49–72 мкм		Диаметр 73–108 мкм	
	абс. (см/см <sup>2</sup> )	% от нормы	абс. (см/см <sup>2</sup> )	% от нормы	абс. (см/см <sup>2</sup> )	% от нормы	абс. (см/см <sup>2</sup> )	% от нормы
0	3,614	54,1	0,981	18,7	1,663	150,5	0,717	229,1
12	3,948	59,1	1,085	20,6	1,979	179,1	0,899	287,3
24	4,949	74,1	2,162	41,1	1,796	162,5	0,992	317,0
48	5,310	79,5	3,028	57,5	1,504	136,1	0,778	248,9
72	5,417	81,1	3,558	67,6	1,334	120,7	0,525	167,8
96	5,885	88,1	4,244	80,7	1,247	112,8	0,398	127,3
Норма	6,679	100	5,262	100	1,105	100	0,313	100

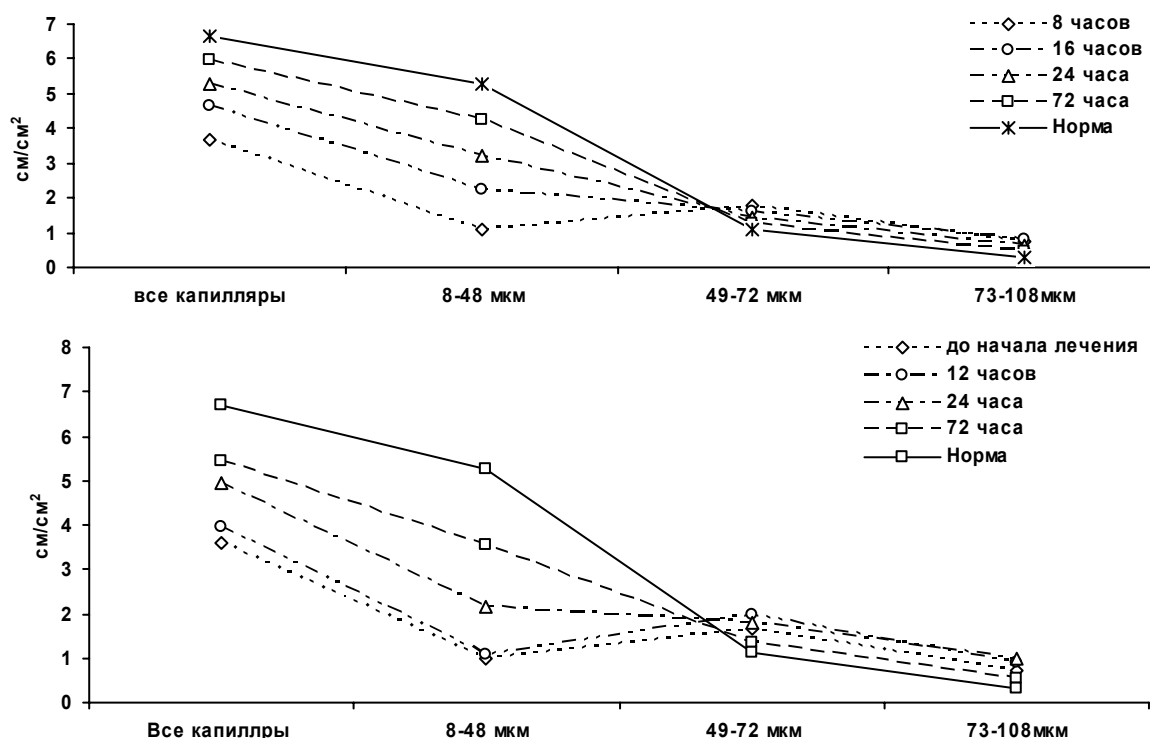


Рис. 3. Изменение удельной длины сосудов МЦР в зависимости от сроков лечения.

ров системы микроциркуляции, удельной длины мельчайших капилляров (8 – 48 мкм), увеличение удельной длины больших сосудов (49 – 128 мкм) (табл. 2). Выраженность изменения этих показателей коррелировала с тяжестью состояния больного.

При купировании ожогового шока и явлений интоксикации происходило восстановление картины МЦР, хотя характеризующие ее показатели были достоверно ниже, чем в норме. Полученные данные показывают, что эти изменения сохраняются еще длительное время после ликвидации ожогового шока и купирования явлений интоксикации (рис. 3).

Кроме того, установлено, что данный метод позволяет в процессе мониторинга выявлять в режиме реального времени изменения состоя-

ния МЦР, которые опережают на 6 – 8 часов клинические изменения состояния больного. Это позволяет прогнозировать развитие заболевания и корректировать лечение до появления клинических признаков ухудшения.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что предлагаемый способ экспресс-диагностики состояния МЦР (методика и портативный аппаратно-программный комплекс) позволяет в режиме реального времени у постели больного получать информацию о состоянии МЦ у больных тяжелой патологией, позволяет осуществлять мониторинг состояния МЦР, прогнозировать изменение клинической картины, предпринимать лечебные мероприятия для предупреждения этих изменений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркаган З.С. Связь эффективности лечения воспалительно-деструктивных заболеваний с деблокадой микроциркуляции в пораженных органах / З.С. Баркаган, Я.Н. Шойхем, М.М. Бобоходжаев // Вестник Российской академии медицинских наук. — 2000. — № 11. — С. 25–29.
2. Казначеев В.П. Синдром капиллярно-трофической недостаточности / В.П. Казначеев, Л.А. Дзидзинский — Новосибирск: Наука, 1975. — 60 с.
3. Гистофизиология капилляров / И.В. Козлов, Е.П. Мельман, Е.М. Нейко, Б.В. Шутка. — СПб.: Наука, 1999. — 234 с.
4. Крылов Н.В. Микроциркуляторное русло человека / Н.В. Крылов, Т.М. Соболева. — М.: Изд-во УДН, 1986. — 63 с.
5. Микролимфология / В.В. Куприянов, Ю.И. Бородин, Я.Л. Караганов, Ю.Е. Выренков. — М.: Медицина, 1983. — 289 с.
6. Мотавкин П.А. Гистофизиология кровообращения в спинном мозге / П.А. Мотавкин, Ю.И. Пиголкин, Ю.В. Каминский. — М.: Наука, 1994. — 232 с.
7. Петухова Н.А., Кузнецов М.Р., Бычков С.Г. // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. — 1999. — № 2. — С. 53–56.
8. Чернух А.М. Микроциркуляция / А.М. Чернух, П.Н. Александров, О.В. Алексеев. — М.: Медицина, 1984. — 496 с.
9. Ярыгин Н.Е. Капилляротрофическая недостаточность системы микроциркуляции как одно из проявлений общей патологии / Н.Е. Ярыгин, Т.Н. Николаева, А.В. Кораблев // Архив патологии. — 1996. — Т. 58, Вып. 1. — С. 41–46.
10. Renal microcirculation and tissue damage during acute ureteral obstruction: Effect of saline infusion, indomethacin and radiocontrast / G. Pollon, D. Jolly, P. Nilnyen et al. // *Norv. Rev. of Hemat.* — 1994. — Vol. 36, N 3. — P. 241–247.
11. von Tempelhof C. Significance of an abnormally low or high hemoglobin concentration during pregnancy: special consideration of iron nutrition / C. von Tempelhof, S. Ullrich, L. Heilmann // *Zbl. Gynakl.* — 1994. — Vol. 116, N 3. — S. 160–163.