

ISSN 2225-6016

ВЕСТНИК

*Смоленской государственной
медицинской академии*

Том 15, №4

2016



УДК 617-089:616.16:612.13

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОЙ СРЕДЫ

© Карман А.Д., Казущик В.Л.

Белорусский государственный медицинский университет, Республика Беларусь, 220116, Минск, пр-т Дзержинского, 83

Резюме: оценены интегральные показатели микроциркуляции при эдемометрии. Полученные данные сравнены с суммой цифровых значений давления в артериолах, капиллярах и венолах, соответствующей микроциркуляторной среде. Представлена схема потоков жидкости в микроциркуляторной среде, включающая 11 направлений, и оценена с интегральной позиции.

Установлено, что интегральные эдемометрические показатели микроциркуляторной среды реально отражают происходящие в ней процессы. Они обобщают многие показатели микроциркуляции и выдают функциональные параметры среды, когда невозможно определение ее составляющих. Схема 11 направлений движения жидкости наглядно это демонстрирует.

Ключевые слова: микроциркуляторная среда, эдемометр, эдемометрия, возрастные изменения микроциркуляции

INTEGRAL INDICATORS OF THE MICROCIRCULATORY ENVIRONMENT

Karman A.D., Kazuschik V.L.

Belarusian State Medical University, Republic Belarus, 220116, Minsk, Dzerzhinsky Av., 83

Summary: integral indicators of microcirculation were estimated by the method of edemometry. The obtained data were compared with the sum of digital values of the pressure in the arterioles, capillaries and venules corresponding to microvascular environment. Diagram of fluid flow in microcirculatory environment that includes 11 areas was presented, and estimated from integral point of view.

It was established that the integral edemometrical indicators of the microcirculatory environment really reflect the processes occurring in it. They are summarizing many of the indicators of microcirculation and give the functional parameters of the environment in cases, when it is impossible to identify its components. Diagram of 11 directions of fluid movement is demonstrating this.

Key words: microvascular environment, edemometer, edemometry, age-related changes of microcirculation

Введение

Под микроциркуляцией принято понимать функционирующее на артериолах, капиллярах, венолах, артериоло-веноулярных анастомозах и лимфатических терминалах образование из генетически детерминированных клеток, нервных и соединительнотканых элементов, формирующих структуру и функции органов и тканей и обеспечивающих в них целенаправленное движение жидкости. Микроциркуляция обеспечивает микрогемодинамику и обмен веществ в тканях и органах. Она отражает движение крови, лимфы и тканевой жидкости, участвующих в тканевом обмене.

Важным звеном микроциркуляции является сосудистый компонент, представленный системой артериол, прекапилляров, капилляров, посткапилляров, венул и артериоло-веноулярных анастомозов [2]. Эта система обеспечивает поток крови и трансапикалярный обмен. Вторым звеном микроциркуляции являются периваскулярные и интерстициальные пространства тканей, заполненные межклеточной жидкостью. Третий компонент микроциркуляторной среды представлен клетками тканей. Эти компоненты являются средой для тканевого и межклеточного обмена. Заключительным звеном микроциркуляции считаются лимфатические сосуды, именуемые «корнями лимфатической системы». Между этими звеньями существует анатомическая и функциональная связь, обеспечивающая тканевой кровоток, лимфоотток и тканевой обмен веществ [2].

Внедрение эдемометрии предоставило возможность получать интегральные показатели микроциркуляторной среды. В связи с этим, возникла необходимость изучения целесообразности применения эдемометрических показателей для оценки состояния микроциркуляции. Владея методом эдемометрии, накопив определенный опыт ее применения в клинических условиях, была осуществлена попытка оценить значимость интегральных показателей и целесообразность их использования в практике.

Эдемометрия представляет собой метод исследования микроциркуляции, основанный на выдавливании жидкости из ограниченного и герметично изолированного участка тканей с помощью специального аппарата (эдемометра) [3], который одновременно регистрирует давление и степень гидратации в изучаемых тканях в условиях обезвоживания этих тканей и снижения давления в системе измерения. С появлением эдемометрии [4, 5] появились новые показатели состояния микроциркуляции, которые требовали специальной оценки в сравнении с метрическими показателями отдельных структур этой среды.

Целью исследования явилась оценка интегральных эдемометрических показателей микроциркуляторной среды. Основной задачей послужило определение достоверности интегральных показателей и возможности внедрения их в клиническую практику.

Методика

Первая серия исследований была посвящена изучению возрастных изменений микроциркуляции и их соответствию физиологическим параметрам возраста. Предполагали, что если эдемометрические показатели микроциркуляции соответствуют физиологическим параметрам возраста, то они действительно отражают ее состояние. Поэтому в этой серии исследований у 48 здоровых лиц в возрасте от 20 до 65 лет изучили эдемометрические показатели тканей первого межпальцевого промежутка кисти и оценили их соответствие физиологии возраста. В такой ситуации мы могли оценить достоверность, значимость и реальность тех эдемометрических интегральных показателей, которые были определены у здоровых лиц 20-65 летнего возраста.

Во второй серии исследований полученные интегральные эдемометрические показатели сравнили с цифровыми показателями давления в сосудах микроциркуляторной среды: в артериолах, капиллярах и венах. Такое сравнение позволяло сделать вывод о значимости каждого метода исследования и о достоверности его данных. Цифровые данные о давлении в артериолах, капиллярах и венах взяты нами из литературы [2], а эдемометрические показатели определены у здоровых людей.

В третьей серии исследований мы составили схему движения жидкости в микроциркуляторной среде и оценили возможности ее определения современными методами и с помощью эдемометрии. Полученные в трех сериях исследований данные, проведенные через сравнение с существующими методами, позволили оценить значимость и достоверность эдемометрических интегральных показателей в определении состояния микроциркуляторной среды.

Для решения поставленных задач был выбран метод эдемометрии [4, 5], основанный на выдавливании жидкости из изолированного участка тканей под исходным давлением 100 мм рт. ст. В результате выдавливания жидкости объем сдавленных тканей уменьшается, что ведет к снижению давления в системе измерения. По мере снижения давления во временном интервале эдемометром фиксируется несколько параметров давления в изучаемой среде и степень гидратации тканей. Полученные данные отражают интегральные показатели микроциркуляторной среды.

Была проведена эдемометрия у 48 здоровых лиц обоего пола в возрасте 20-65 лет. Выделено 3 возрастные подгруппы: 20-30, 31-50 и старше 50 лет. Первую группу составили 12 человек (7 мужчин и 5 женщин), средний возраст был 23,6 года. Средний возраст второй группы (18 человек) составил 38,2 года, среди них было 10 женщин и 8 мужчин. Из 18 наблюдаемых в возрасте 51-65 лет мужчин было 9 и женщин – 9. Средний возраст был 57,4 года. Средний показатель диастолического артериального давления (ДАД) в первой группе был 78 мм рт. ст., во второй – 77,8 мм рт. ст. и в третьей – 84,2 мм рт. ст.

Все полученные показатели оценивали отдельно для каждой возрастной группы. Эдемометрию выполняли по стандартной методике [4, 5]. Эдемометр накладывали на ткани первого межпальцевого промежутка кисти. Создавали исходное давление в пределах 100 мм рт. ст. и затем продолжали наблюдение за показаниями манометра с отметкой в эдемометрограмме (ЭММГр) каждые 5 мин. Давление в 100 мм рт. ст. избрано нами, как единый стандарт для исследуемых и

как среднее давление в артериальной системе. После прекращения снижения давления и стабилизации его в течение 5 мин. на плечо исследуемой руки накладывали артериальный жгут (манжеткой аппарата). Давление в манжетке превышало уровень систолического артериального давления у наблюдаемого на 20 мм рт. ст. Наложённый «жгут» прекращал приток крови к кисти, где был наложен эдемометр. Жгут выдерживали в течение 2 мин., после его снятия регистрировали снижение давления в манометре каждые 5 мин. до установления нового уровня прямой линии на эдемометрограмме.

После окончания исследования и заполнения карты эдемометрии рассчитывали стандартные показатели: максимальное снижение давления (МСД), продолжительность снижения давления (ПСД), скорость снижения давления (ССД), индекс гидратации (ИГ), интегральное микроциркуляторное давление (ИМЦД), коэффициент интегрального микроциркуляторного давления (КИМЦД), оценивали кривую снижения давления в микроциркуляторной среде, дальнейшее снижение давления после снятия «жгута» – СДпИМЦД (снижение давления после ИМЦД), продолжительность его снижения после ИМЦД (ПСДпИМЦД), индекс притока-оттока (ИПО) и тот уровень, на котором давление больше не снижалось. Этот показатель соответствовал тканевому давлению (ТД). Также определяли коэффициент тканевого давления (КТД). Полученные данные обработаны статистически, выведены средние показатели и их отклонения (табл. 1).

Таблица 1. Средние показатели эдемометрограммы, полученные у здоровых лиц из 3-х возрастных групп

Наименование показателя эдемометрограммы	Возрастные группы (лет)		
	20-30, n=12	31-50, n=18	51-65, n=18
Средний возраст, лет:	23,6	38,2	57,4
мужчины	7	8	9
женщины	5	10	9
ДАД, мм рт. ст.	78	77,8	84,2
МСД, мм рт. ст.	14,8±4,2	8,9±3,5	7,3±2,1
ПСД, мин.	11,7±2,2	13,8±3,3	15±3,3
ССД, ед.	1,3±0,4	0,6±0,2	0,74±0,3
ИГ, ед.	МСД/14,8	МСД/8,9	МСД/7,3
ИПО, ед.	0,7±0,2	0,5±0,13	0,4±0,2
ИМЦД, мм рт. ст.	86,5±4,5	92±3,1	89±3,1
КИМЦД, ед.	1,2±0,1	1,2±0,2	1,1±0,1
СДпИМЦД, мм рт. ст.	4,4±1,3	2,6±0,9	3,7±2,3
ПСДпИМЦД, мин.	6,3±2,1	5,1±0,6	8,2±2,3
ТД, мм рт. ст.	67,7±4,6	86±4,6	84±3,4
КТД, ед.	0,8±0,03	0,9±0,03	0,94±0,03

Данные таблицы отражают динамику возрастных изменений микроциркуляции. Эти изменения сопровождаются снижением притока крови с 0,7 до 0,4 в возрасте после 50 лет. Снижение притока сопровождается снижением гидратации тканей – МСД уменьшается с 14,8 до 7,3 мм рт. ст. в возрасте после 50 лет. И, наконец, (по закону обратной зависимости МСД от ИМЦД) по мере возрастного снижения МСД нарастает ИМЦД с 86,5 до 89 мм рт. ст. в возрасте после 50 лет. Увеличение ИМЦД обусловлено увеличением тканевого давления (с 67,7 до 84 мм рт. ст.) и КТД (с 0,8 до 0,94).

На рис. 1 представлена частная эдемометрограмма, записанная у здорового человека. Эдемометрограмма отражает следующие интегральные показатели микроциркуляторной среды: максимальное снижение давления (интервал «АБ»), интегральное микроциркуляторное давление (интервал «БВ»); коэффициент ИМЦД (КИМЦД – отношение ИМЦД к диастолическому артериальному давлению крови, продолжительность снижения давления (интервал «ОБ») и скорость снижения давления (отношение интервала «АО» к «ОБ»).

После снятия турникета с плеча исследуемой руки в точке «В» активность микроциркуляторной среды заметно увеличивалась, что позволило зарегистрировать следующие показатели эдемометрограммы: снижение давления после ИМЦД (интервалы «ВЗ» и «ВД»), продолжительность снижения давления после ИМЦД (интервал «ЗД») и тканевое давление, обозначенное на эдемометрограмме интервалом «ДЕ».

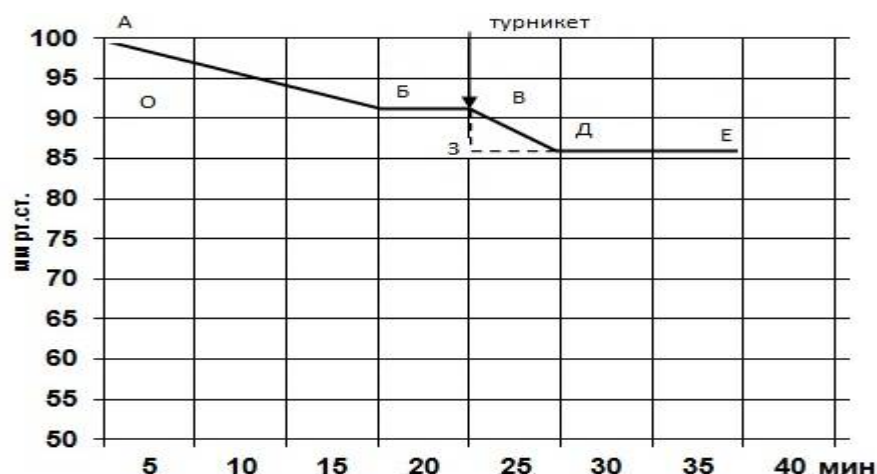


Рис. 1. Эдемометрограмма тканей кисти здорового мужчины 32 лет

Из ранее полученных данных эдемометрограммы рассчитывали индекс гидратации (ИГ – отношение МСД исследуемого к МСД здорового человека соответствующего возраста), индекс притока – оттока (отношение интервала «ВЗ» к «ЗД») и коэффициент тканевого давления (отношение ТД к ИМЦД). ИПО представляет реакцию микроциркуляторной среды на блокаду притока и оттока, в которой отражается «борьба» этих двух процессов до установления физиологического равновесия. ТД составляет часть интегрального давления, которая формируется за счет клеток тканей и является основным в структуре ИМЦД.

Таким образом, при эдемометрии микроциркуляторной среды с возрастом проявляются: снижение притока крови к тканям (ИПО, МСД, ИГ), снижение гидратации тканей (МСД, ИГ), увеличение ИМЦД и ТД. Интегральные возрастные изменения микроциркуляторной среды полностью соответствуют физиологии возраста. Уменьшение притока крови к тканям и органам, снижение интенсивности тканевого обмена, снижение гидратации тканей и органов, компенсаторное повышение ИМЦД и ТД – все это документирует увядание жизненных процессов и полностью соответствует выявленным возрастным изменениям интегральных эдемометрических показателей. Сказанное подтверждает достоверность и реальность интегральных показателей эдемометрии. Эти показатели объективны, их можно использовать для оценки состояния микроциркуляторной среды.

Из всех показателей мы избрали интегральное микроциркуляторное давление и сравнили его с общим цифровым давлением в сосудах микроциркуляторной среды. Такое сопоставление одного показателя микроциркуляторной среды, определенного различными методами, позволило оценить эти методы в сравнении.

Сравнили интегральное давление тканей первого межпальцевого промежутка кисти, определенное методом эдемометрии, с суммарным цифровым давлением артериол, капилляров и венул микроциркуляторной среды. Отсутствие других методов определения общего давления в микроциркуляторной среде послужило основанием для использования цифровых показателей давления микроциркуляторных сосудов.

При цифровой оценке общего давления в микроциркуляторной среде взяты средние данные из литературных источников. С этой целью мы использовали цифровые показатели давления в артериолах, капиллярах и венах, приведенные в монографии В.В. Куприянова и соавт. (1975). Цифровые показатели давления в различных сосудах микроциркуляции были следующими: в артериолах – 55 мм рт. ст., в капиллярах – 25 мм рт. ст., в венах – 12 мм рт. ст. Суммарное давление в этих сосудах оказалось равным 92 мм рт. ст. [2].

Результаты исследования

Состояние микроциркуляции у здоровых лиц различных возрастных групп отражают интегральные показатели микроциркуляторной среды. Из них особого внимания заслуживает интегральное микроциркуляторное давление. Оно включает в себя несколько составляющих: давление в артериолах, в капиллярах и венах, в артериоло-венулярных анастомозах, в лимфатических терминалах и в межклеточной жидкости, включая осмотическое и онкотическое

давление. Все составляющие давления в микрососудах выразили в цифровых данных, суммировали и сравнили с ИМЦД, определенным с помощью эдемометрии (рис. 1).

Общее цифровое микроциркуляторное давления в тканях оказалось равным 92 мм рт. ст. ИМЦД у здоровых лиц в возрасте от 31 до 50 лет при эдемометрии было равным $92 \pm 3,1$ мм рт. ст. Обнаружено соответствие ИМЦД, выявленного при эдемометрии, цифровым суммарным показателям в сосудах среды. Если к цифровому значению ИМЦД добавить межклеточное, осмотическое и онкотическое давление, то расхождение показателей составит до 15 мм рт. ст. Расхождение показателей ИМЦД с цифровым общим давлением в этом случае обусловлено давлением межклеточной жидкости, осмотическим и онкотическим давлением, которые учитываются эдемометрически и исключаются при цифровых суммарных показателях.

Выявленное расхождение уровня ИМЦД зависит от метода исследования и требует еще специального изучения. Пока можно думать о преимуществе эдемометрического метода, включающего все виды давления в интегральном плане.

Для выполнения поставленной цели мы составили схему движения жидкости в микроциркуляторной среде и попытались определить его существующими методами в сравнении с методом эдемометрии. В составленной схеме движения жидкости выделено 11 различных направлений (рис. 2).

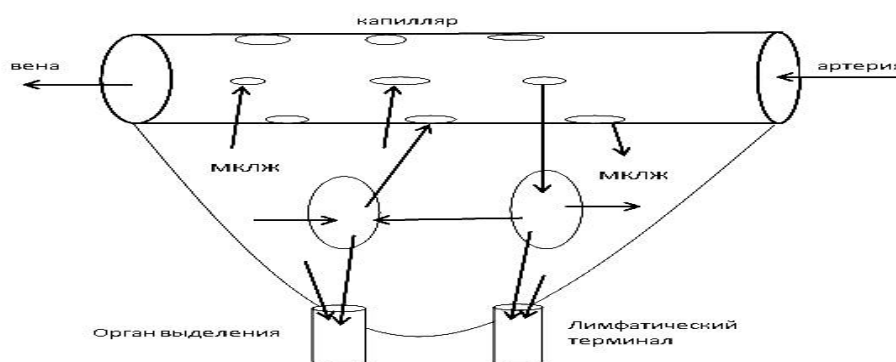


Рис. 2. Схема движения жидкости в микроциркуляторной среде. Направление движения жидкости: капилляр→межклеточная жидкость (МКЛЖ); капилляр→клетка; клетка→клетка; клетка→МКЛЖ; клетка→капилляр; МКЛЖ→капилляр; МКЛЖ→венеула; МКЛЖ→лимфатический терминал; клетка→лимфатический терминал; МКЛЖ→орган выделения; клетка→орган выделения

Эдемометрия позволяет оценить еще один интегральный показатель – гидратацию тканей. На эдемометрограмме (рис. 1) отрезок кривой от точки «А» до точки «Б» отражает максимальное снижение давления (МСД) в мм рт. ст. и в процентах к исходному давлению в системе измерения. МСД отражает количество изгнанной жидкости из исследуемых тканей под исходным давлением в 100 мм рт. ст. МСД дополняется расчетом индекса гидратации (ИГ) тканей – отношением МСД исследуемого к МСД здоровых лиц соответствующего возраста (табл. 1). Значение этого индекса в пределах единицы документирует нормальное содержание воды в тканях. Его отклонение от среднего показателя (1,0) отражает состояние гипо- или гипергидратации тканей.

Оценка содержания жидкости в тканях дополняется еще определением индекса притока-оттока. Индекс притока-оттока определяется по показателям эдемометрограммы. Он представляет отношение СДпИМЦД (интервал «ВЗ») к ПСДпИМЦД (интервал «ЗД») (рис. 1). Этот индекс отражает интенсивность двух важных процессов в микроциркуляторной среде и позволяет ответить на вопрос, что влияет на гидратацию тканей: преобладание притока или оттока. Возможности интегральной оценки степени гидратации тканей методом эдемометрии могут иметь большое значение для клинических целей [4].

Обсуждение результатов исследования

Таким образом, эдемометрия позволяет оценить состояние микроциркуляции в момент исследования. Она обобщает многие процессы и выдает их интегральные показатели. Эти показатели реально отражают состояние среды в данный момент. Своими возможностями и

интегральной подачей результатов исследования она может конкурировать с существующими методами исследования микроциркуляции. Ценность ее показателей дополняется тем, что интеграция данных осуществляется самой средой организма и мы получаем уже готовый результат. Интегральные эдемометрические показатели микроциркуляторной среды объективно отражают сущность происходящих в ней процессов. Эти показатели обобщены самой средой микроциркуляции и, поэтому, реально отражают ее состояние.

Только метод ультразвуковой и лазерной флоуметрии, в какой-то мере, позволяет определить интегральные значения движения жидкости в микроциркуляторной среде [1]. Все остальные методы не в состоянии документировать каждое из существующих направлений и их интегральное значение. Метод эдемометрии позволяет интегрально оценить эти все одиннадцать направлений движения жидкости в микроциркуляторной среде и выдать для практического пользования такие показатели, как МСД, ИГ, ИПО. В этих показателях отражается суть микроциркуляторной среды, ее реальные проявления, интегрированные самим организмом и средой. Достоинства эдемометрических показателей микроциркуляции проявляются реальной и достоверной оценкой исследуемой среды. Интегральными эдемометрическими показателями можно определить состояние микроциркуляторной среды в покое, при нагрузках, заболеваниях и других воздействиях на организм [5]. Отсутствие в литературе аналогичных данных не позволило провести сравнительную оценку приведенных результатов.

Выводы

1. С помощью метода эдемометрии можно интегрально оценить состояние микроциркуляции и ее показатели. Интегральные эдемометрические показатели микроциркуляции позволяют получить не только данные о ее состоянии, но и оценить процессы, происходящие в ней (приток-отток, степень гидратации тканей и другие).
2. Возрастные изменения микроциркуляторной среды включают в себя снижение притока крови к органам и тканям, вследствие поражения сосудов, снижение уровня гидратации тканей, повышение ИМЦД и ТД, с прогрессирующим снижением функциональной активности органов и тканей. Выявленные с помощью эдемометрии возрастные изменения микроциркуляции соответствуют физиологическим изменениям, возникающим в процессе старения организма. Полное соответствие возрастным интегральным эдемометрическими показателями физиологии возраста, расхождение цифровых показателей микроциркуляции с интегральными эдемометрическими и невозможность определения некоторых показателей среды существующими методами – все это создает для эдемометрической интегральной оценки микроциркуляции метод выбора в условиях клиники.
3. Интегральная оценка показателей микроциркуляции с помощью простого, неинвазивного метода эдемометрии имеет перспективу для внедрения в клиническую практику.

Литература

1. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови: руководство для врачей // М.: Медицина, 2005. – 254 с.
2. Куприянов В.В., Караганов Я.Л., Козлов В.И. Микроциркуляторное русло // М.: Медицина, 1975. – 216 с.
3. Шотт А.В., Василевич А.П., Казущик В.Л., Протасевич А.И. Устройство для определения степени гидратации периферических тканей организма человека и способ ее определения // Патент Респ. Беларусь на изобретение №14099. Опубликовано 28.02.2011 г.
4. Шотт А.В., Василевич А.П., Протасевич А.И., Казущик В.Л. Эдемометрия // Здоровоохранение. – 2008. – №10. – С. 20-23.
5. Шотт А.В., Казущик В.Л., Карман А.Д., Василевич А.П. Микроциркуляция – жизненная среда и система организма (экспериментально-клиническое исследование) // Минск: ИООО «Красико-Принт», 2016. – 184 с.

Информация об авторах

Карман Александр Дмитриевич – кандидат медицинских наук, доцент 1-й кафедры хирургических болезней Белорусского государственного медицинского университета. E-mail: alex_karman@tut.by

Казущик Василий Леонович – кандидат медицинских наук, доцент 1-й кафедры хирургических болезней Белорусского государственного медицинского университета. E-mail: kazvasili@gmail.com