

## ДЕЙСТВУЮЩИЕ МЕХАНИЗМЫ ЭДЕМОМЕТРИИ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

---

*Цель исследования: изучить механизмы, включающиеся в действие при выполнении эдемометрии.*

*В основу исследования положены результаты более тысячи эдемометрий, при которых оценивали не только показатели микроциркуляции, но и механизмы эдемометрии, включающиеся в действие при выполнении исследования. Учитывали показатели гидратации тканей и давление в системе эдемометрии на различных этапах исследования.*

*Для определения влияния герметизма системы эдемометрии на ее показатели проведено целенаправленное исследование у 40 здоровых людей 20–30 летнего возраста. У них оценили изменения этих показателей при разгерметизации системы и при профилактике образования герметизма в системе эдемометрий методом дренирования пространств сдавленных тканей.*

*Установлено, что при выполнении эдемометрии включаются в действие такие механизмы, как изгнание жидкости из исследуемых тканей, уменьшение объема тканей, прогрессирующее снижение давления, гипогидратация ткани, герметизм системы, прекращение изгнания жидкости из тканей, окончание исследования. Своеобразная изоляция тканей эдемометром и герметизмом системы создает условия для определения гидратации и давления в тканях и в системе на различных этапах эдемометрии.*

*На большом количестве выполненных эдемометрий и на данных специальных исследований по герметизму системы определены основные механизмы эдемометрии, включающиеся при выполнении этого исследования. Они обеспечивают достоверность получаемых показателей. Особо ценны данные о сущности механизмов самого метода эдемометрии, которые обосновывают его внедрение в практику.*

**Ключевые слова:** эдемометр, эдемометрия, давление, выдавливание жидкости из тканей, гипогидратация, герметизм, максимальное снижение давления, интегральное микроциркуляторное давление, тканевое давление.

**A. V. Shott, V. L. Kazushchik, A. D. Karman**

### **MECHANISMS OF EDEMOMETRY**

*The purpose of the study: to study the mechanisms involved in the action when you run edemometry.*

*The basis of this research is based on the results of more than a thousand edemometry in which assessed not only the performance of the microcirculation, but the mechanisms of edemometry to be included in the action when doing research. Considered indicators of hydration of the tissues and the pressure in the system edemometry at various stages of the study.*

*To determine the influence of hermeticism system edemometry on its performance conducted a focused study in 40 healthy people 20–30 years of age. They assessed the changes in these indicators during depressurization of the system and in the prevention of the formation of hermeticism in the system of edemometry method of drainage of the spaces of the compressed tissue.*

*It is established that at execution of edemometry included in the activity of such mechanisms as the expulsion of liquid from the studied tissues, reducing the volume of tissue, a progressive decline in pressure, dehydration fabric, hermeticism system, a halt to the expulsion of fluid from the tissues, the end of the study. Kind of insulation of the tissues with edemometer*

## □ Оригинальные научные публикации

*and hermeticism system creates conditions for determining the hydration and pressure in the tissues and in the system at various stages of edemometry.*

*On a large number of edemometry data and special studies on the hermeticism of the system the main mechanisms of edemometry, including in the implementation of this study. They ensure the reliability of the indicators. Particularly valuable data about the nature of the mechanisms of the method of edemometry that justify its implementation in practice.*

**Keywords:** *edemometer, edemometry, pressure, squeezing of fluid from the tissues, dehydration, hermeticism, the maximum pressure drop, integrated microcirculatory pressure, tissue pressure.*

### Материал и методы

Основным генератором метода эдемометрии является эдемометр [4]. Для обеспечения его работы и выполнения исследования важным моментом является создание исходного давления в 100 мм рт. ст. Обязательным является создание этого давления за счет механического фактора (сближения бранш) и за счет введения воздуха. Механическая система не может обеспечить подвижность ее во время эдемометрии. По этой причине 20 % исходного давления в 100 мм рт. ст. создают за счет механического фактора и 80 % – за счет воздуха, вводимого в систему эдемометра. В таких условиях создается среда измерения, обладающая подвижностью во время постоянно меняющейся гидратации тканей и давления в системе эдемометрии. Такое включение механического и воздушного компонентов создает оптимальные условия в постоянно меняющейся системе.

Весьма важным является создание герметизма системы эдемометрии. Для этого проводится проба аппарата на герметизм, без чего нельзя получить достоверные данные о микроциркуляции [5]. К этому необходимо добавить адекватное наложение бранш аппарата с тем, чтобы обеспечить герметизм системы и однородность среды сдавленных браншами тканей [2, 3].

Для выявления выдавливания жидкости из тканей проведено экспериментальное исследование на собаках (по разрешению Комитета по биомедицинской этике УО «БГМУ», протокол № 20 от 23.03.2015), в котором эдемометрическое исследование печени, селезенки, поджелудочной железы, большого сальника, прямой мышцы живота и легкого сопровождалось биопсией ткани этих органов и выдавливанием жидкости из биоптатов под давлением в 1360 граммов в течение времени максимального снижения давления [1, 5]. Данные о выдавливании жидкости из биоптата затем сравнивали с показателем максимального снижения давления и определяли, таким образом, наличие явления выдавливания жидкости из тканей и его количественное соответствие показателям эдемометрии (максимальное снижение давления).

На последующих этапах эдемометрии степень гидратации сдавленных тканей определяли по индексу гидратации (ИГ), по индексу притока-оттока (ИПО) и по сосудистому компоненту микроциркуляции. Изменение давления на этапах эдемометрии определяли по уровню интегрального микроциркуляторного давления (ИМЦД) и его коэффициенту, по межклеточному давлению (интервал ВД эдемометрограммы), по снижению давления после ИМЦД (СДпИМЦД), по тканевому давлению (ТД) и его коэффициенту (КТД). О давлении в системе эдемометрии судили по тканевому

компоненту микроциркуляции. Оценку отдельных показателей эдемометрии проводили визуальным наблюдением за манометром аппарата и по эдемометрограмме, на которой представлены все показатели этого метода.

Отдельного обсуждения заслуживает образование изолированного участка сдавленных эдемометром тканей, в которых во время эдемометрии идет обезвоживание за счет выдавливания жидкости, изменения объема исследуемых тканей и в условиях герметизма определяется уровень давления на этапах эдемометрии.

Определение отдельных показателей эдемометрии осуществляли по появлению кратковременных пауз движения системы (ИМЦД – по интервалу БВ эдемометрограммы) и по изменению направления эдемометрограммы на границе перехода одного состояния в другое (по углам эдемометрограммы АВВ, БВД, ВДЕ). Удивительно, что сама эдемометрия фиксирует во времени все основные показатели микроциркуляции.

### Результаты и обсуждение

Основным генератором эдемометрии является, несомненно, эдемометр – аппарат для исследования микроциркуляции [4]. Он состоит из двух бранш, одна из которых подвижная, содержит систему определения давления, включающую манометр. Эдемометр создает исходное давление на исследуемые ткани в пределах 100 мм рт. ст. Он выдавливает жидкость из тканей, определяет уровень давления в них и в системе и оценивает степень их гидратации. Для обеспечения его надежной работы в течение всего периода эдемометрии необходимо проверить его герметизм, создать давление в нем до 100 мм рт. ст. за счет механических приспособлений и введения воздуха, наложить его бранши на исследуемые ткани так, чтобы обеспечить герметизм системы на весь период эдемометрии.

Наложенные на исследуемые ткани бранши эдемометра избыточным давлением в 100 мм рт. ст. выдавливают жидкость из них и, таким образом, запускают следующий механизм эдемометрии – выдавливание жидкости. Проведенные в эксперименте на животных исследования [1,5] показали, что после компрессии процент потери веса биоптата печени составил  $18,5 \pm 3,5$  %, что почти соответствовало проценту максимального снижения давления ( $15,7 \pm 6,6$ ) при эдемометрии печени. Потеря веса биоптата селезенки после компрессии составила  $7,9 \pm 1,1$  % (в процентах к 100 мм рт. ст.). Оно было на 2,4 % выше потери веса этого биоптата после компрессии, но показатели были близкими. МСД в прямой мышце живота было низким ( $3,6 \pm 1,2$  мм рт. ст.). Процент потери веса биоптата

этой мышцы после компрессии составил  $7,6 \pm 1,5$  %. В легком МСД было  $4,9 \pm 2,7$  мм рт. ст., а потеря веса биоптата после компрессии составила  $16,8 \pm 3,3$  %. При анализе экспериментальных данных миокарда определился парадокс – максимальное снижение давления было равно нулю, а процент выдавленной жидкости из биоптата ушка предсердия при таком же давлении достигал  $14,1 \pm 2,5$  %.

Объяснить полученное совпадение и несовпадение МСД с процентом потери веса биоптата можно с позиции соотношения приток-отток в каждом органе, т. е. преобладания кокого-то из этих факторов. В печени преобладание выдавливания жидкости в биоптате над МСД на 2,8 % объясняется двойным притоком крови в органе. В селезенке преобладание МСД над выдавливанием жидкости из биоптата можно объяснить сохранением кровообращения. В легком и в сердце явное преобладание выдавливания жидкости из биоптата над МСД связано с низким (относительно) содержанием внеклеточной жидкости.

Эти данные подтвердили достоверность механизма выдавливания жидкости из сдавленных тканей браншами эдемометра и неполное соответствие количественных эдемометрических показателей количеству выдавленной жидкости из биоптатов органов.

Выдавливание жидкости из сдавленных тканей сопровождается уменьшением их исходного объема, что в условиях сохранения прежнего объема между браншами эдемометра вызывает понижение исходного давления в системе эдемометрии. В этом случае включаются еще два механизма эдемометрии: уменьшение объема исследуемых тканей и понижение давления в системе эдемометрии. Уменьшение объема тканей после выдавливания жидкости является логическим осмыслением процесса, а понижение давления всегда регистрируется манометром аппарата (и эдемометрограммой).

Таким образом, на данном этапе эдемометрии [2, 3] сработали такие механизмы, как избыточное давление бранш эдемометра на исследуемые ткани, выдавливание жидкости из этих тканей, уменьшение объема тканей после потери выдавленной жидкости и снижение давления в системе эдемометрии. Все эти изменения подтверждены конкретными экспериментальными и клиническими данными, кроме изменения объема тканей после выдавливания жидкости, что несомненно имеет место и логически вытекает из всей сущности процесса.

Повторяющиеся циклы изменений во время эдемометрии приводят к прогрессирующему снижению исходного давления во всей системе эдемометрии вплоть до прекращения выдавливания жидкости. Последнее документирует окончание сеанса эдемометрии на этапе определения тканевого давления, обусловленного клеточными элементами исследуемых тканей.

На всем протяжении выполнения эдемометрии действовал еще один механизм этого метода. Речь идет о герметизме системы. Специально проведенные исследования показали, что разгерметизация системы эдемометрии сопровождается снижением давления на  $4,5$  мм рт. ст. на первых этапах эдемометрии и на  $2,8$  мм рт. ст. на ее заключительном этапе.

В группе наблюдений с предупреждением формирования герметизма методом дренирования сдавленных тканей снижение давления в системе доходило до  $2-10$  мм рт. ст. Только при соблюдении герметизма системы эдемометрии можно получить наиболее полные и достоверные показатели состояния микроциркуляции. Этому фактору следует придавать исключительное значение при выполнении эдемометрии, как неотъемлемо действующему механизму эдемометрии. Для этого следует всегда определять герметизм аппарата перед эдемометрией, подбирать наиболее пригодные места для наложения бранш эдемометра и накладывать последние с соблюдением герметизма.

С учетом приведенных действующих механизмов эдемометрии можно сформулировать следующее последовательное включение их при выполнении исследования. Эдемометр является основным генератором метода эдемометрии. Он обеспечивает давление на ткани и за счет этого выдавливает жидкость из сдавленных тканей. Выдавливание жидкости из тканей сопровождается уменьшением их исходного объема (на количество выдавленной жидкости).

Уменьшение объема исследуемых тканей (после выдавливания жидкости) происходит в прежнем объеме пространства между браншами эдемометра. В этой ситуации снижается давление в пределах объема полости между браншами аппарата. При повторяющихся циклах приведенных изменений в конечном итоге происходит прогрессирующее снижение эдемометрического давления со  $100$  мм рт. ст. до предела, когда выдавливание жидкости прекращается и давление в системе больше не падает. Это документирует окончание эдемометрии. Следует лишь добавить, что на всем протяжении эдемометрии действует (и должен действовать) герметизм системы, без которого нельзя получить достоверные данные. Итак, последовательные действующие механизмы эдемометрии могут выглядеть следующим образом:

- эдемометр;
- давление бранш на исследуемые ткани;
- выдавливание жидкости из сдавленных тканей;
- уменьшение исходного объема сдавленных тканей;
- снижение давления в полости, образуемой браншами эдемометра;
- герметизм системы эдемометрии;
- повторение циклов изменений;
- прогрессирующее снижение исходного давления;
- снижение давления до прекращения выдавливания жидкости из сдавленных тканей;
- окончание эдемометрии.

При выполнении эдемометрии в исследуемой микроциркуляторной среде образуется своеобразный изолированный участок, который ограничен браншами эдемометра. Его изоляция от смежных участков ткани определяется нарушением исходного кровообращения, выдавливанием жидкости из сдавленных тканей, обезвоживанием и прогрессирующим снижением давления в герметично изолированной среде. В этой изолированной браншами эдемометра и герметизмом однообразной среде происходят свои (иные) процессы, которые проявляются своеобразными признаками, ре-

## □ Оригинальные научные публикации

гистрируемыми во время эдемометрии. На этапе функционирования двух систем (организменной и эдемометрической) во время эдемометрии появляются отдельные симптомы, регистрируемые эдемометрией. Кстати, эти отдельные признаки проявляются или кратковременными паузами, или изменением направления кривой эдемометрограммы. Они то и позволяют выявить особенности нарушений (или состояния) микроциркуляции методом эдемометрии.

Таким образом, эдемометрия, как метод исследования микроциркуляции, представляет собой простое и доступное мероприятие, вмещающее в себя много действующих механизмов и требований, выполнение которых существенно влияет на достоверность и качество показателей. Вместе с тем, эдемометрия является единственной возможностью войти в сложную систему микроциркуляции и оценить ее функциональные показатели. Кстати, функциональный компонент микроциркуляции изучен меньше всего. Причиной тому являются сложность всей системы микроциркуляции и отсутствие методов ее изучения в направлении функциональной и физиологической характеристики.

## Литература

1. Казущик, В. Л., Альнадфа М. Н., Макаревич Ж. А., Бутько Л. В. Экспериментальная оценка эдемометра и эдемометрии; Сборник «БГМУ в авангарде медицинской науки и практики». – Минск, 2015. – Вып. V. – С. 61–64.
2. Казущик, В. Л., Карман А. Д. Эдемометрия – новый метод изучения микроциркуляции // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2016. – Т. 15, № 4. – С. 102–108.
3. Шотт, А. В., Василевич А. П., Протасевич А. И., Казущик В. Л. Эдемометрия // Здравоохранение. – 2008. – № 10. – С. 20–23.
4. 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: пат. 14099 Респ. Беларусь: МПК А 61В 5/00 (2009)/. – Дата публ.: 28.02.2011.
5. Шотт, А. В., Казущик В. Л., Карман А. Д., Василевич А. П. Микроциркуляция – жизненная среда и система организма (экспериментально-клиническое исследование): моногр. – Минск: Красико-Принт, 2016. – 184 с.

Поступила 20.12.2016 г.