

## МЕХАНИЗМЫ УЧАСТИЯ ЗУБНОГО ЛИКВОРА В ФОРМИРОВАНИИ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБА

Золотухина Е.Л.

Одесский национальный медицинский университет

Исследованы механизмы участия зубного ликвора в формировании свойств твердых тканей зуба. Полученные данные свидетельствуют о важной функции пульпы в кариесрезистентности. Изучена роль зубного ликвора в обмене веществ твердых тканей зуба.

**Ключевые слова:** зубной ликвор, кариесрезистентность, кислотоустойчивость, роль пульпы.

**Постановка проблемы.** Пульпа зуба обеспечивает контроль за твердыми тканями зуба, которые в свою очередь являются высокоминерализованными тканями – дентином и эмалью. Этот факт обеспечивается посредством постоянного центростремительного перемещения зубного ликвора, регулируемого целостным организмом. За счёт зубного ликвора происходит обмен веществ в эмали и дентине. Перемещаясь по транспортным путям зубной ликвор выходит через наружные поры на поверхность зуба, защищая его от кислотно-микробного воздействия. Зубной ликвор давно стал объектом пристального изучения ученых и исследователей.

**Цель статьи.** Главной целью этой статьи является изучение физиологической роли зубного ликвора в формировании основных свойств тканей зуба, а также участия его в кариесрезистентности, кислотоустойчивости, механизме повышенной чувствительности и в процессах обмена веществ твердых тканей зуба.

**Изложение основного материала.** Зубной ликвор – жидкость, заполняющая свободные пространства зубных тканей. Благодаря ей в ткани зуба поступают питательные вещества. Зубной ликвор образуется экстрацеллюлярно и содержит до 92 мг/л кальция, 42 мг/л фосфатов, 28 мг/л хлоридов. Белковый состав подобен белкам плазмы крови. В состав входят и другие органические и неорганические молекулы. Зубной ликвор осуществляет перенос ионов и питательных веществ. В твердых тканях зуба различают два вида жидкости: кристаллизационная вода (гидратная оболочка кристаллов) и свободная вода. Дентинный ликвор – жидкая фракция канальцев дентина, включая содержащее отростков одонтобластов, и находящуюся в минерализованном дентине воду. В дентинных трубочках содержатся отростки одонтобластов, которые участвуют в регуляции свойств ликвора, содержащегося в дентинных трубочках, путем передачи раздражения через отростки на клетки пульпы. Органические вещества межтрубочкового дентина, благодаря своим гидрофильным свойствам, являются путями перемещения зубного ликвора в дентине. Жидкость в свободном виде составляет 12% массы и 20% объема дентина. 32% дентинной жидкости расположено в канальцах, а 68% – в около-трубочковом и межтрубочковом дентине.

Эмалевая жидкость менее изучена вследствие небольшого ее количества. В поверхностных слоях эмали находится 0,45–0,62 мас.%, в глубоких зонах – 1,0–3,0 мас.%. Она занимает 6–11% объема всей эмали. При температуре 150–200 °С потеря воды эмалью составляет 1,9%. Перемещается в микрорах эмали и органических образованиях (ламеллах, веретенах, эмалевых пластинках). Микропоры эмали – система микропространств различного диаметра. Микропоры глубоких слоев эмали

формируются межкристаллическими и межпризмными пространствами, участками пониженной минерализации, крупными магистральными микропорами, линиями Ретциуса. Наиболее крупные из пор – трещины – по ширине могут соответствовать призме эмали, которая, начинаясь у эмалево-дентинного соединения, заканчивается у поверхности зуба. Трещины могут составлять по ширине от 1 до 3–5 диаметров призмы, а по длине несколько десятков микрометров. Они образуются в процессе жизнедеятельности зуба. Зубной ликвор омывает эмаль, защищая её от кислот и микробов.

Образуется зубной ликвор в пульпе в одонтобластическом слое из плазмы и межклеточного вещества. Содержит белок, антитела, кислую фосфатазу и другие ферменты, витамины, минеральные вещества, микроэлементы, гормоны, сахар и другие вещества. Также в дентинной жидкости обнаруживаются некоторые лекарственные вещества (тетрациклин, сульфаниламиды). Ликвор может быть получен путем центрифугирования, термического выделения, вакуумной экстракции, элюции (отмывания). Соответствует тканевой жидкости или транссудату. Из свежееудаленного зуба методом центрифугирования получен ликвор в количестве 0,00424 мл (около 5 мг) за 24–48 часов.

Механизм движения жидкости в твердых тканях зуба.

Перемещается зубной ликвор по дентинным трубочкам в центростремительном направлении, что подтверждается появлением его в виде мелких капель на поверхности зуба через 15 минут после препарирования с обнажением дентина. Количественная оценка проводится путем наложения полоски фильтровальной бумаги на дно отпрепарированной полости на 10 минут с определением интенсивности ее окрашивания реактивом на наличие белков.

Подтверждением центростремительного движения эмалевой жидкости является выделение ее на поверхности зуба в герметической камере в виде росинок, наблюдаемых под иммерсионным микроскопом через 2–4 часа.

Обмен веществ в твердых тканях зуба.

Основные процессы в эмали протекают как биологические процессы в высокоспециализированной ткани, которая является полупроницаемой мембраной. Дентинная жидкость проникает в эмаль благодаря наличию пористости. Скорость обмена в эмали зависит от количества кристаллизационной воды, объема микропространств, эмалевого ликвора. Зрелая эмаль характеризуется медленным обменом веществ, незрелая эмаль, наоборот, активными процессами.

Проницаемость – способность элементов перемещаться в тканях благодаря наличию системы микропор, заполненных зубным ликвором. В клинике проницаемость эмали оценивается способ-

ностью красителей проникать в микропоры. Интенсивность окрашивания характеризует уровень проницаемости.

Обмен веществ в дентине проходит благодаря поступлению питательных веществ со стороны пульпы, а именно зубного ликвора, который содержит все необходимые органические и неорганические вещества для нормальной жизнедеятельности тканей зуба. Наличие в дентинных трубочках отростков клеток-одонтобластов, а в основном дентине – коллагена, объясняет активность и направленность биохимических процессов. Они заключаются в многочисленных биохимических реакциях и регулируются через нервные окончания, лежащие в пульпе. Пульпа зуба обеспечивает дентин кислородом и питательными веществами через одонтобласты и их отростки, а также обеспечивает постоянный ток дентинной жидкости.

Анжелика Бертаччи, исследовательница из Болонского университета (Италия), изучала транспорт зубного ликвора *in vivo* с помощью сканирования слепков зубов, сделанные с помощью специального гидрофобного пластика. В исследовании приняли участие добровольцы в возрасте от 6 до 70 лет. В ходе исследования выяснилось, что у молодых людей (от 6 до 20 лет) 75% поверхности эмали покрыты каплями зубного ликвора. С возрастом доля поверхности, покрытой каплями, снижается и к 60 годам составляет менее 5%.

Кариесрезистентность – это устойчивость твердых тканей зуба к действию кариесогенных факторов. Кариесрезистентность зависит от определенных свойств эмали, а именно кислотоустойчивости, микротвердости и проницаемости. Эмаль – высокоминерализованная ткань организма человека. Устойчивость эмали к кислотной деминерализации позволяет сохранить ее структуру и функциональную целостность в условиях действия кариесогенных факторов. Растворимость эмали различна на разных участках поверхности зуба, более растворимы придесневые участки. Так, например, В.К. Леонтьев утверждал, что этот факт зависит от различия в степени минерализации и дефектов строения кристаллической решетки, отношения белковой матрицы и минеральной фазы и т.п.

По мнению проф. Окушко В.Р. кислотоустойчивость эмали связана с центр-бежной проницаемостью, с помощью которой на поверхности эмали может выделяться зубной ликвор, это неоднократно демонстрировалось микроскопически. За счёт него происходит окончательное обызвествление эмали. На животных и в клинике показано: условия, подавляющие ток ликвора, ухудшают устойчивость эмали и к кислотам, и к флоре, способной вызвать деминерализацию. Таким образом, структурная кислотоустойчивость зависит от состояния органической и неорганической структур эмали, а функциональная – от состояния зубного ликвора, которое контролируется пульпой. Функциональная резистентность осуществляется собственным регуляторным аппаратом зуба. В молодом возрасте кислотоустойчивость регулируется за счет активации функционального компонента, который определяется мобильным зубным ликвором.

Доказано в эксперименте на крысах, что блокада нижнего альвеолярного нерва приводят к повышению кислотоустойчивости эмали, а стимуляция – к снижению кислотоустойчивости. Большое значение имеет также возможность регуляции резистентности зуба со стороны организма в целом. Введение мочевины ускоряет ток ликвора, тем самым повышает функциональную кислотоустойчивость. Ацетилхолин оказывает противоположный эффект.

Клинический метод оценки кислотоустойчивости эмали основан на измерении глубины дефекта после действия кислоты на приборе профилометр-профилограф либо интенсивности окраски данного участка метиленовым синим. Данный метод обозначают как тест эмалевой резистентности (ТЭР).

Также зубной ликвор участвует в чувствительности твердых тканей зуба, что можно объяснить гидродинамической теорией Bronnstram, основанной на знаниях физиологии зуба, морфологии пульпы и дентина. Согласно гидродинамической теории изменение тока зубного ликвора деформирует барорецепторы, которые имеются в пульпе, вызывая тем самым субъективное ощущение боли. Повышенная чувствительность дентина объясняется изменением тока ликвора, который может ускоряться струей воздуха, аппликацией сухой бумаги, сахара. Под действием воздушной струи происходит быстрое испарение жидкости на 0,1–0,3 мм длины дентинных трубочек. Потеря жидкости компенсируется притоком ликвора от пульпы. При этом одонтобласты, а также нервные окончания засасываются в трубочки, вызывая ощущение боли. Гипертонические растворы извлекают жидкость из дентинных трубочек. В свою очередь холод, замедляя ток жидкости, также приводит к раздражению нервных окончаний.

Поскольку пульпа содержит свободную тканевую жидкость с гидростатическим давлением около 30 мм рт. ст., имеется градиент давления ликвора в направлении наружу, который обуславливает медленное центробежное перемещение воды и малых молекул в интактном дентине. Реальная скорость тока ликвора в дентине – 4 мм/ч. Это медленное центробежное движение жидкости не вызывает боли.

Повышенная чувствительность вызвана снижением порога болевого ощущения в силу различных причин.

Гиперестезию дентина, лишённого эмалевого покрова, можно объяснить гидродинамической теорией.

Повышенная чувствительность при обнажении дентина или истончении эмали является клиническим проявлением эрозии, клиновидного дефекта (истирания), патологической стираемости, кариеса. Гиперестезию обнаженного дентина «обеспечивает» феномен капиллярного действия. Теоретически ликвор в дентине посредством капиллярности может перемещаться со скоростью 2–3 мм/с. Другими словами, опустошенные трубочки способны максимально заполниться жидкостью от пульпы за 1 секунду.

Под действием струи воздуха жидкость испаряется и наружные отделы дентинных трубочек протяженностью около 0,1–0,3 мм запустевают. Это воздействие компенсируется капиллярной силой, и трубочки быстро заполняются ликвором из пульпы. Одонтобласты и нервные окончания, присутствующие в периферической области, засасываются в трубочки центробежным движением жидкости. Нервные волокна распрямляются, деформируются или разрываются. Благодаря малым размерам зуба тысячи трубочек бывают задействованы одновременно, поэтому даже незначительных перемещений жидкости в таком количестве трубочек достаточно для появления боли.

Благодаря постоянному центробежному перемещению жидкости от пульпы до поверхности эмали под влиянием внутрипульпарного давления жидкость, которая содержится в твердых тканях зуба, образует непрерывный «столб». Так как, в эмали

ликвор переміщується по мікропорам і органічеським субстанціям, неперервність пористості дає можливість висушити емаль струей воздуха с поверхности зуба, а при помощи вакуума получить циркулирующую в зубе жидкость с ограниченного участка эмали. Это явление обозначают как динамическая или открытая пористость.

Длительное воздействие на эмаль струи воздуха способствует вытеснению воды и запуску микропор. Визуально это проявляется матовостью поверхности эмали. Жидкость из дентинных трубочек под действием капиллярных сил устремляется в свободные микропространства, раздражая отростки одонтобластов, раздражение передается на рецепторы нервных окончаний пульпы, тем самым вызывается боль.

Чувствительность эмали ниже по сравнению с дентином в связи с небольшим объемом жидкости (10%) и незначительной скоростью перемещения (0,1 мм/ч).

Чем тоньше слой эмали, тем более выражена гиперестезия, этим объясняется повышенная чувствительность пришеечной области по сравнению с другими поверхностями зуба, так как сокращается расстояние от раздражителя до дентинной жидкости. Повышенная пористость также усиливает чувствительность, это характерно для начального кариеса и кислотного некроза эмали.

Гидродинамическим механизмом чувствительности также определяется ощущение боли при препарировании интактного зуба под ортопедическую конс-струкцию или в процессе препарирования кариозной полости. Причиной повышенной чувствительности после пломбирования является образование микропространств на дне полости вследствие усадки композиционного материала.

При гидродинамическом механизме наблюдается сочетанное действие капиллярности транспортных структур, тканевого (внутрипульпарного) давления и электроосмотических сил.

Теоретически доказана высота поднятия жидкости по дентинным трубочкам под действием капиллярности, она составляет около 7 м. Давление, сообщаемое пульпой составляет 24,0 ± 3,0 мм рт. ст. Центробежная скорость тока ликвора 4 мм/ч в дентинных трубочках и 0,1 мм/ч в эмали. Ускорить

ток ликвора можно под действием электроосмоса или вакуума.

Чувствительность дентина может уменьшаться под действием некоторых веществ, в частности фтористого натрия, сернокислого бария, нитратов, оксалатов.

Благодаря обильному кровоснабжению и иннервации пульпа проявляет высокие функциональные способности.

Ускорение тока ликвора сопровождается возбуждением чувствительных рецепторов, а замедление – быстрым возбуждением с последующей депрессией.

Исследования показывают, что животные с замедленным транспортом зубного ликвора характеризуются высоким уровнем кариеса, в то время как с нормальным типом движения поражаемость низкая или отсутствует.

Изменение концентрации ионов на поверхности эмали может через изменение потенциала стимулировать пульпу. Одонтобласты изменяют концентрацию минеральных компонентов дентинной лимфы у эмалево-дентинного соединения по отношению к поверхности эмали, тем самым восстанавливают потенциал покоя и уменьшают ток жидкости. Следовательно, эмаль является физиологическим и электрическим барьером. Изменение в ионной концентрации может вызвать боль, изменяя потенциал. Металлический инструмент на обнаженном дентине изменяет потенциал на поверхности воздействия и вызывает гиперестезию.

**Выводы и предложения.** Приведенные выше данные свидетельствуют о важной функции пульпы в кариесрезистентности, путем центробежно перемещающегося ликвора, осуществляющего связь между пульпой и эмалью.

Изучение влияния пульпы и зубного ликвора на формирование свойств эмали позволило предложить следующие методы воздействия на зуб: хемостимуляция, электростимуляция, вакуумстимуляция. В основе предложенных методов лежат данные об ускорении тока жидкости в твердых тканях зуба.

Благодаря изучению механизмов, регулирующих устойчивость зубов к кариесу, развиваются новые более эффективные методы выявления, лечения и профилактики поражений зубов.

### Список литературы:

1. Боровский Е.В., Леонтьев В.К. Биология полости рта. М. - 1991.
2. Гамзаев Б.М. К моделированию движения зубного ликвора Издание: 2004.
3. Гаража С.Н. Чувствительность твердых тканей зубов: роль конформационных изменений коллагена в формировании и проведении сигнального импульса к нервным окончаниям пульпы.
4. Луцкая И.К. Физиология зуба Современная стоматология, 2007.
5. Луцкая И.К. Физиологическая роль зубного ликвора. Стоматология . 1987.
6. Окушко В.Р. Физиология эмали и проблема кариеса зубов. Кишинев, 1989.
7. Пашаев Ч.А., Гамзаев Б.М. Математическая модель движения зубного ликвора. Здоровья. Баку, 1999.

**Золотухіна О.Л.**

Одеський національний медичний університет

## МЕХАНІЗМИ УЧАСТІ ЗУБНОГО ЛІКВОРА У ФОРМУВАННІ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТВЕРДИХ ТКАНИН ЗУБА

### Анотація

Досліджені механізми участі зубного ліквора у формуванні властивостей твердих тканин зуба. Отримані данні свідчать про важливу функцію пульпи у кариєсрезистентності. Вивчена роль зубного ліквора в обміні речовин твердих тканин зуба.

**Ключові слова:** зубний ліквор, кариєсрезистентність, кислотостійкість, роль пульпи.

**Zolotukhina O.L.**

Odessa National Medical University

## **PARTICIPATION MECHANISMS OF DENTAL LIQUOR IN THE FORMATION PROPERTIES OF DENTAL HARD TISSUES**

### **Summary**

Participation mechanisms of dental liquor in the formation properties of dental hard tissues. The findings suggest that the pulp is very important in caries resistance. Examine the role of dental liquor in metabolism of dental hard tissues.

**Key words:** dental liquor, caries resistance, acid resistance, role of pulp.