

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

И.К. Луцкая

КЛИНИЧЕСКАЯ ВОЗРАСТНАЯ ГИСТОЛОГИЯ ЗУБА

Учебно-методическое пособие

Минск БелМАПО

2013

УДК 616.31-018-053(075.9)

ББК 56.6я73

Л 86

Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия УМС
Белорусской медицинской академии последипломного образования
протокол №6 от 17.09. 2013 г.

Автор:

зав.кафедрой терапевтической стоматологии, д.м.н., профессор И.К.Луцкая;

Рецензенты:

профессор 1-й кафедры терапевтической стоматологии БГМУ, д.м.н., П.А. Леус
кафедра хирургической стоматологии БГМУ

Луцкая И.К.

Л 86

Клиническая возрастная гистология зуба: учебно-методическое
пособие/ И.К.Луцкая, 2013.- 42 с.

ISBN 978-985-499-684-4

В учебно-методическом пособии изложены сведения о структуре эмали (внутренних зон и поверхности), дентина, пульпы, а также их возрастных изменениях, данные о биохимическом составе тканей. Описание кристаллических структур дает представление об оптических характеристиках эмали и дентина.

Учебно-методическое пособие предназначено для врачей-стоматологов, а также для студентов стоматологических факультетов.

УДК 616.31-018-053(075.9)

ББК 56.6я73

ISBN 978-985-499-684-4

© Луцкая И.К., 2013

© Оформление БелМАПО, 2013

ВВЕДЕНИЕ

Врач любой специальности прекрасно осознает, что при выборе оптимальных средств и методов диагностики, лечения, профилактики заболеваний необходимы знания «нормы», т.е. физиологического состояния органов и систем организма. Требуют к себе внимания также возрастные изменения, появляющиеся в процессе жизнедеятельности человека. Исключением не являются и лечебно-профилактические мероприятия, проводимые стоматологом. Индивидуальные, возрастные особенности строения и состава твердых тканей зуба обуславливают те или иные подходы к выявлению, терапии, предупреждению патологических изменений эмали и дентина.

В связи с остро стоящими в стоматологии проблемами эстетики особое значение начинает приобретать знания морфологии зуба, которая включает описание анатомических форм, текстуру поверхности эмали, структуру тканей. Изучение удаленных зубов, их шлифов, сколов, срезов позволяет впоследствии скопировать их естественные формы, размеры, пропорции в реставрации. Сведения о гистологическом строении позволяют понять смысловую роль многочисленных оттенков зуба в достижении высокого качества при выполнении восстановительных эстетических работ в стоматологии.

СТРУКТУРА ЭМАЛИ И ДЕНТИНА

Вся поверхность коронки зуба покрыта эмалью. Толщина ее колеблется от 0,01 мм в пришеечной области до 1,5 мм и более на окклюзионных участках. В складках и бороздках жевательной поверхности толщина эмали составляет 0,5-0,6 мм.

Эмаль постоянных зубов содержит от 95 до 97 масс % неорганических элементов, 0,5-2 масс % органических веществ, до 3 масс % воды. Рассчитанные теоретически (на основе удельного веса компонентов) и определенные методом микрорадиографического исследования объемные соотношения составляющих следующие: в среднем, 86-87% – минеральные вещества, 2% – органические и 6-12% – вода. Химический состав, соотношение элементов в эмали зависит, прежде всего, от степени зрелости зуба, а также от геофизических и других условий проживания человека.

В сухой эмали постоянных зубов кальций (Ca) занимает около 35 масс %, а фосфор (P) – 17 масс %. Величины Ca и P, рассчитанные по весу золы, колеблются около 39 масс % и 18-19 масс % соответственно.

В эмали, кроме того, содержится около 20 микроэлементов, которые могут находиться в межкристаллических пространствах либо в соединении с органическими веществами: > 1,0 мг/кг сухой массы занимают F, S, Zn, Sn; от 0,1 до 1,0 мг/кг – Ca, Zr, Mn, Cu, Se, Br, Sb, Ru, Ni, Mg, Cd; < 0,1 мг/кг – Ti, V, Cs, Bi.

КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ

Основные минеральные компоненты эмали – кальций и фосфор – содержатся в виде кристаллических апатитоподобных структур, 90% из которых гидроксиапатит. Около 4% занимают аморфные соединения (карбонат кальция, фосфорнокислый магний). Основные структуры относят к гексагональной системе кристаллов. Один кристалл образован примерно 1 000 субъединицами. Единичные клетки имеют 3 оси: $a=b=9,4$ нм, они

располагаются под углом 120° . Перпендикулярно а-оси идет с-ось размером 6,9 нм. Длинная ось кристалла соответствует с-оси единичной клетки (субъединицы).

Химический анализ показывает, что основные кристаллы зубной эмали – частично замещенные гидроксилapatиты, свойства которых в значительной степени зависят от *ОН*-группы. Структурно она помещается в каналы, образованные *Са*-ионами, образуя так называемую связанную воду.

Общая формула кристалла выглядит следующим образом $\text{Ca}[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]_3(\text{OH})_2$ или $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}$.

В чистом синтетическом кристалле молярное соотношение кальция и фосфора составляет 1,67, а весовое 2,15. В эмали зуба *Са/Р* коэффициент может колебаться от 1,67 до 2,17, что зависит от абсорбции фосфатов на поверхности кристалла.

Поляризованные соединения фосфора создают сильное отрицательное поле на поверхности кристалла. Вокруг образуется гидратный слой толщиной 1 нм, ионы которого нейтрализуют заряд кристалла. Снаружи от упорядоченного гидратного слоя располагается диффузно ориентированная оболочка. В результате образуется так называемый «двойной слой Гельмгольца».

Дефекты в кристаллической решетке обуславливают перемещение ионов и реакции замещения в кристаллах.

Молодые кристаллы апатитов эмали представлены чаще всего в форме ленты, толщиной 15 нм.

Зрелые кристаллы гидроксилapatита имеют размеры, в среднем, 160 нм в длину и 20 нм в ширину и образуют гексагонально-призматические структуры. Причем, в эмали объем кристалла значительно больше, чем в dentine. Размеры кристаллов больше на поверхности эмали, чем в глубине. Кроме призматической формы описаны кристаллы в форме иглы, ланцета, балки, штанги.

Плотно упакованные кристаллы образуют эмалевые призмы – структуры, имеющие форму стержня, диаметром 2-10 мкм и длиной от 0,1 до 3 мм.

В телах эмалевых призм кристаллы расположены почти параллельно длинной оси. Угол наклона может колебаться от 5 до 40° и увеличивается по направлению к периферии призмы. В «межпризменном пространстве» этот угол приближается к 90°. Кроме того, снижается плотность упаковки кристаллов по периферии призм.

СТРУКТУРА ВНУТРЕННИХ ЗОН ЭМАЛИ

Основными структурными единицами эмали являются эмалевые призмы диаметром, в среднем, 5 мкм. Они начинаются у эмалево-дентинного соединения и заканчиваются на поверхности эмали или в подповерхностном её слое. Поскольку по ходу призмы делают S-образный изгиб, длина их несколько превышает толщину эмали на данном участке. Призмы расположены параллельно, поэтому на сколе они имеют ребристый вид. Если призмы достигают поверхности эмали, то располагаются перпендикулярно или под острым углом к ней (рис. 1). В пришеечной области они направлены почти

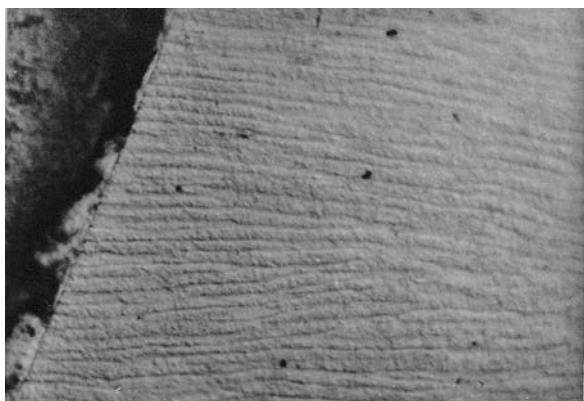


Рисунок 1. Шлиф зуба вдоль эмалевых призм. ОМ. Ув. 1200. Налет на поверхности

горизонтально, на боковых участках составляют угол 15-20° с горизонталью, на буграх этот угол достигает 60°. В области фиссур эмалевые призмы идут перпендикулярно их стенкам, равно как к режущему краю фронтальных зубов. Приведенные данные важны для правильного формирования

полости в зубе. По одним данным, призмы составляют прямой угол с эмалево-дентинным соединением, по другим – угол наклона призм к эмалево-дентинному соединению увеличивается от верхней части коронки к нижней.

Призмы в зрелой эмали формируются в пучки по 20-30 единиц. Причем в местах S-образных изгибов одни пучки переплетаются с другими, что обеспечивает особую прочность эмали.

Каждая призма состоит из тела и отростка, которые обуславливают своеобразную картину на сколах или шлифах эмали. На поперечном срезе призмы имеют круглую, овальную, полигональную, гексагональную или аркадообразную форму. Чаще всего встречается аркадообразная – до 57%, полигональная – 10%.

Метод интерференционного контраста позволяет получить на шлифах зубов четкое изображение призмённых структур эмали, которые существенно варьируются в зависимости от направления шлифа относительно хода

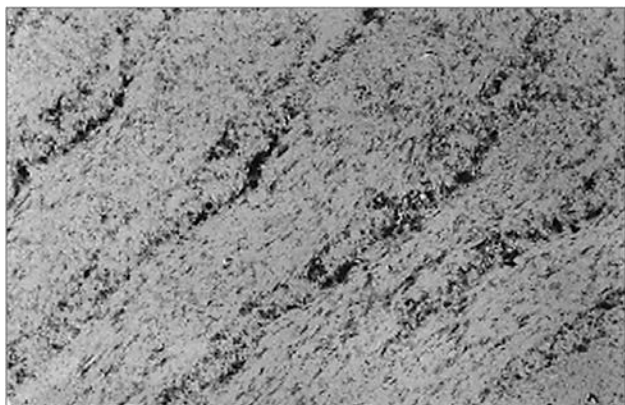


Рисунок 2. Шлиф зуба по ходу эмалевых призм. ТЭМ. Ув. 2 000

эмалевых призм. На срезях, выполненных вдоль этих структур, тела призм и их отростки определяются в виде широких и узких полос (рис. 2). Образец, изготовленный таким образом, когда шлиф направлен под углом к ходу призм, позволяет видеть ромбовидный рисунок. Тогда легко обнаруживается

пространственное их расположение: каждая предыдущая призма вклинивается между отростками соседних. Таким образом, отростки имитируют межпризменное вещество, которое некоторые авторы описывают как самостоятельные структурные образования. На поперечных ходу призм шлифах отчетливо видны головки, причем форма и диаметр могут быть различными. В одних случаях они овальные или округлые, в других приближаются к шестиграннику. Призмы могут лежать группами или рядами, не имея четко выраженного отростка, располагаться черепицеобразно, однако чаще всего представляют типичную аркадообразную форму, когда хорошо

выраженные отростки заходят между телами соседних призм. В литературе такая картина описана как вид замочной скважины (рис. 3).

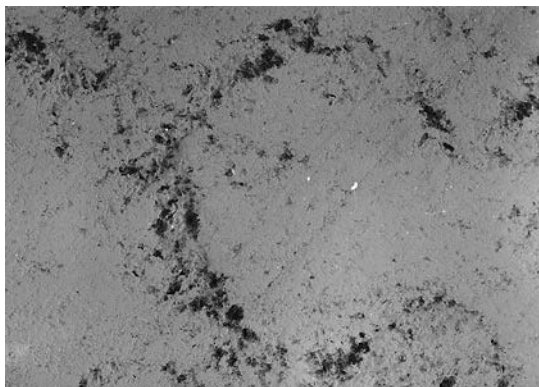


Рисунок 3. Шлиф эмали. Эмалевые призмы в виде замочной скважины. ТЭМ. Ув. 4 000

По мнению одних авторов такая форма – результат различного направления кристаллов в отдельных частях призм. Другие исследователи считают это результатом неодинакового давления на призмы с разных сторон в процессе минерализации. Формы призм связывают также с особенностями продуцирования их амелобластами.

Современные исследования в оптическом, поляризационном и электронном микроскопах показывают, что различия в структуре зависят от степени зрелости эмали, от группировки и ориентации кристаллов, а также направления шлифа к ходу эмалевых призм.

Одни авторы не обнаружили **межпризменного вещества** и рассматривают его, как часть призм. Другие наблюдали его методами электронной и оптической микроскопии в период амелогенеза в постоянных и временных зубах. Третьи исследователи описывали органическую оболочку призм. Наиболее распространено мнение, что граница призм – это различие в ориентации и плотности упаковки кристаллов.

Противоречие точек зрения на морфологию границ призм или межпризменного вещества достаточно субъективно и относительно. Можно себе представить, что на различных этапах развития и функционирования зуба преобладает та или иная структура межпризменной субстанции. В процессе минерализации амелобластов она представлена органической оболочкой отростков клеток. Затем границами становятся периферические участки призм, отличающиеся пористостью и направлением кристаллов. В слабо минерализованных зубах на этих участках встречаются органические

фибриллы. В таком случае, сливающиеся границы призм (разное направление кристаллов, микропоры, незначительное количество фибрилл) и представляют собой межпризменное вещество в зрелых зубах.

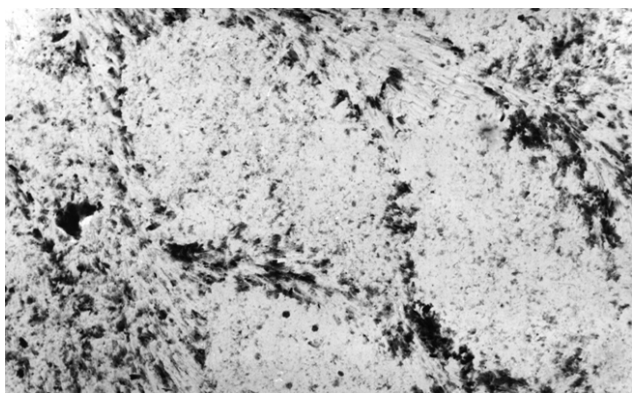


Рисунок 4. Шлиф эмали 1-го зуба (16 лет). Микропоры подчеркивают границы призм. ТЭМ. Ув. 4 000

Значительные увеличения, обеспечиваемые современными электронными микроскопами, позволяют наблюдать природу призмённых границ, которые определяются совершенно отчетливо благодаря различному направлению кристаллов на граничащих участках призм и

пониженной плотности упаковки кристаллов по сравнению с сердцевинной. Сливаясь, межкристаллические микропоры образуют межпризменные пространства, обеспечивая высокую контрастность призмённого рисунка эмали (рис. 4).

На продольных срезах призм определяется поперечная исчерченность с интервалом ≈ 4 мкм. В поляризационном микроскопе их можно наблюдать как линии, разделяющие призмы на сегменты. Особенно четко они видны в области отростков призм. Эти линии – границы призмённых сегментов – формируются фазами секреции амелобластов, благодаря сегментированности их отростков. В результате появляется исчерченность – ритмы образования матрикса и его минерализации, а именно, суточные ритмы. Темные линии – участки слабой минерализации – проявляются меньшей плотностью упаковки кристаллов, отклонением их от продольной оси призм, различиями видов кристаллов.

На продольных шлифах эмали в поляризованном свете видны светлые и темные широкие поперечные полосы, идущие от эмалево-дентинного соединения к поверхности зуба, так называемые **паразоны и диазоны** (полосы Гунтера-Шрегера). В оптическом микроскопе при малых увеличениях они

определяются в виде «волн», обусловленных различиями оптических свойств отдельных участков эмали.

Исследование шлифа эмали при больших увеличениях позволяет изучить морфологическую основу полос Шрегера. Их появление связано с различным направлением пучков эмалевых призм по отношению к ходу шлифа вследствие S-образного их изгиба: продольное расположение призм на срезе чередуется с поперечным. Причем, при продольном ходе призм возникает светлая полоса (паразона), при поперечном срезе – полоса темная (диазона).

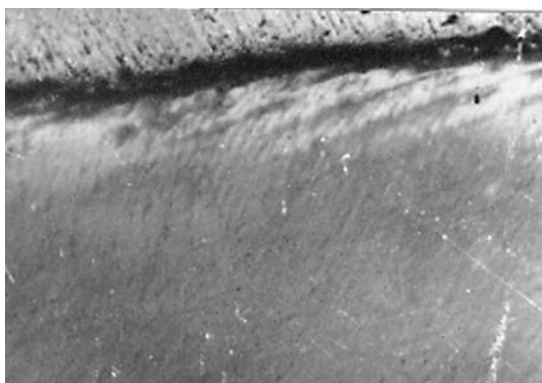


Рисунок 5. Шлиф эмали незрелого зуба. Линии Ретциуса в виде участков пониженной минерализации. ОМ. Ув. 600

Линии Ретциуса наблюдаются как в поверхностных, так и глубоких слоях и представляют линейные участки низкой минерализации шириной 200-400 нм, идущие поперечно ходу эмалевых призм (рис. 5). Короткие линии Ретциуса обнаруживаются на боковых поверхностях коронки. Они начинаются у эмалево-дентинной

границы, косо пересекают толщу эмали и заканчиваются на её поверхности на дне перикиматий в виде борозд. Длинные линии Ретциуса начинаются у эмалево-дентинной границы на боковой поверхности, дугообразно огибают выпуклости зуба и заканчиваются на окклюзионной поверхности. На поперечном шлифе линии Ретциуса расположены в виде концентричных кругов. Они представляют собой границы последовательно формирующихся участков эмали.

В пришеечной области расстояние между линиями Ретциуса 20-30 мкм. Наблюдаются более узкие и широкие линии. Они могут располагаться на неравномерном расстоянии друг от друга. Минерализованность их может различаться. Некоторые из линий дают двойное лучепреломление, указывая на более высокую минерализованность, большинство – низко минерализованы.

Особый вид имеет неонатальная линия на молочных зубах и первых постоянных молярах: широкая линия Ретциуса указывает на переход от интра- к экстранатальному периоду. Плотность кристаллов в этой зоне снижена. Линии Ретциуса отчетливо определяются, отличаясь по своим оптическим свойствам, поскольку множественные поры снижают светопроницаемость и отражательную способность данных участков эмали: они выглядят темными неравномерными полосками на фоне светлой эмали.

На шлифах полуретинированных зубов линии Ретциуса особенно отчетливо видны. Их образуют микропоры, сливающиеся в одну цепь и открывающиеся на поверхности зуба. В результате линия поверхности эмали имеет фестончатый вид. Призмы, пересекаемые линиями Ретциуса, фрагментированы, их очертания нечеткие. В ряде случаев группы призм поверхностного слоя эмали подвержены деструкции. Могут обнаруживаться крупные поры, достигающие в размере до 10 мкм. Характерна выраженная вариабельность призмных структур даже на ограниченных участках. В ряде случаев в пришеечной области наблюдаются участки подповерхностной деминерализации в виде «каверн» – микрополостей с нечеткими неравномерными границами. Они захватывают десятки призм.

Органическое вещество в эмали встречается в виде скоплений (около 1-2% эмали по весу). С возрастом его количество уменьшается. Эмалевые пластинки имеют форму конуса и могут проходить через всю толщину эмали, их больше в области шейки зуба. Пластинки хорошо видны на поперечных шлифах. Они сохраняются и после декальцинации зуба. Эмалевые пучки (ламеллы) располагаются у эмалево-дентинного соединения, древовидно разветвляясь. Эмалевые веретена встречаются в центральных отделах. Описанную некоторыми авторами органическую оболочку призм обнаружить в зрелой эмали не удастся. В ряде случаев на границе призм определяются отдельные фибриллярные образования.

Считается, что основные органические соединения эмали представлены кератиноподобным белком, однако не являются истинным кератином, поскольку содержат мало цистеина (характерной для кератина аминокислоты), а также отличаются соотношением гисцидин:лизин:аргинин=1:4:12. Его считают «псевдокератиновым белком». Фалин назвал белковую матрицу эмали эукератином.

СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТИ ЭМАЛИ

Результаты изучения эмали в оптическом микроскопе показали, что сразу после прорезывания зубы характеризуются выраженностью макрорельефа поверхности, которая чаще всего представляется бугристой. Так на режущем крае резцов определяются три зубца: медиальный – самый высокий. На вестибулярной поверхности эти зубцы переходят в более или менее выраженные вертикально расположенные валики. Их разделяют борозды, которые могут быть отчетливо видны. Степень выраженности вертикальных валиков (выпуклостей) и борозд зависит от геометрической формы зуба (треугольная, квадратная, овальная).

В дополнение к этим основным элементам рельефа поверхности зубов существует широкий спектр индивидуальных поверхностных признаков, таких, как горизонтальные выпуклости, трещины и углубления.

Микрорельеф поверхности, в первую очередь, определяется регулярной волнистостью эмали, образуемой перикиматиями. В первые годы после прорезывания зуба они постоянно встречаются на вестибулярной поверхности, особенно в пришеечной области, сглаживаясь по направлению к режущему краю (жевательной поверхности).

При всем многообразии картины рельефа, тем не менее, прослеживаются основные варианты, что позволяет выделить несколько типов поверхности эмали. I тип (встречается с частотой около 30% случаев) характеризуется выраженной волнистостью эмали. Головки призм определяются по всей

поверхности перикиматий, возвышаясь над уровнем эмали либо образуя углубления. II тип (встречается столь же часто, что и I) также характеризуется наличием перикиматий, однако призмы слабо выражены или призмённые зоны чередуются с беспризмёнными. III тип отличается беспризмённой поверхностью

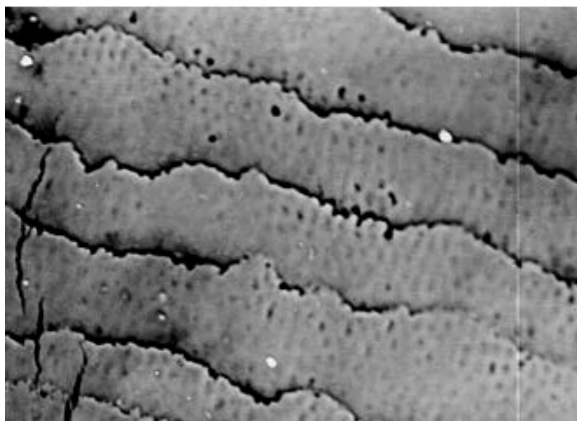


Рисунок 6. Поверхность эмали зуба (13лет) СЭМ. Ув. 300: перикиматии в виде ступеней

перикиматий. IV тип – перикиматии определяются в виде ступенек, на которых располагаются головки призм (рис. 6). V тип характеризуется отсутствием рельефа волн, однако призмённый рисунок образует полосы-перикиматии. VI тип – призмённые и беспризмённые участки встречаются на фоне гладкой либо бугристой поверхности. III-VI типы поверхностей

встречаются примерно с одинаковой частотой. Равномерное расположение перикиматий встречается в 70% случаев. Их высота составляет от 19 до 45 мкм. Расстояние между гребнями от 28,5 до 160,0 мкм. Реже бывают варианты поверхности, когда перикиматии слабо выражены либо вовсе отсутствуют, что наиболее характерно для клыков. Выпуклые участки зубов в области экватора обычно гладкие. Ярче выражена рельефность проксимальных поверхностей и пришеечной области. Здесь увеличивается и становится неравномерной высота перикиматий, нарушается их ход.

Спустя несколько лет после прорезывания зуба чаще начинают встречаться III и IV типы перикиматий. С возрастом волнистость вовсе исчезает, сохраняясь дольше на проксимальных участках.

До прорезывания зуба эмаль снаружи бывает покрыта органической оболочкой, которая носит название **кутикула**. Ее толщина составляет около 1 мкм. Сразу после прорезывания зуба кутикула стирается, сохраняясь лишь в пришеечной области. Зуб покрывается органической бесклеточной

пелликулой, толщина которой колеблется от 3 до 10 мкм. Она прочно соединяется с кристаллами поверхностного слоя, проникая в него на глубину 0,1 мкм. После механического удаления, например, при жевании, препарировании зуба пелликула опять образуется при контакте эмали со слюной. Толщина суточной пленки 2-4 мкм. Она устойчива к действию кислот, однако подвержена механическому разрушению. Обычно пелликула тоньше на гребнях перикиматий, толще – в бороздах, фиссурах, а также на проксимальной и пришеечной поверхностях. Под слоем зубного налета пелликула утолщается, а над кариозным пятном – разрыхляется, частично разрушается или деформируется.

При изучении поверхности эмали в сканирующем электронном микроскопе даже без предварительного удаления органических покровов на большей ее части определяется призмная структура. При этом головки призм могут выступать над поверхностью эмали, лежать на одном с ней уровне, слегка контурируя, или представлять собой углубления. В последнем случае они придают эмали ячеистый вид. Диаметр призм составляет, в среднем, 6,01 мкм (от 4,0 до 7,5 мкм). Эмалевые призмы могут маскироваться значительным слоем органического вещества – пелликулой и зубным налетом. Наличие и призмных, и беспризмных участков усиливает вариабельность структуры.

Для эмали детских зубов более характерна картина, когда центры головок призм представлены углублениями. Реже встречаются выступающие над поверхностью головки призм. В отдельных случаях среди углублений, создаваемых головками призм, определяются микропоры, по размерам и локализации соответствующие призмам на поверхности, однако более выраженные. Расположение таких «ниш» неравномерно. Они обнаруживаются на дне, скатах перикиматий и гладких участках в виде кратероподобных образований и представляют собой крупные поры, проникающие в подповерхностный слой эмали.

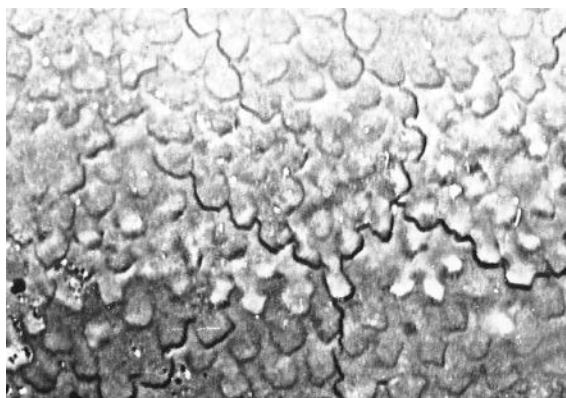


Рисунок 7. Поверхность эмали после кислотного травления: видны границы пучков эмалевых призм. ОМ. Ув. 1 000

Призмы обычно объединяются в пучки, которые проявляются при кислотном травлении поверхности эмали. Границы пучков призм окаймляют группу в 2-3 десятка структурных единиц и имеют ширину в несколько долей микрометра (рис. 7).

Зубы у лиц средней возрастной группы (20-40 лет) отличаются

меньшей рельефностью эмали по сравнению с детскими. Перикиматии стираются и могут сохраняться лишь частично в пришеечной области. Позднее они вовсе исчезают. На контактирующих участках зубов появляются площадки стертости. Структура их поверхности беспризменная. Призмы, однако, определяются на большей части нестертого поверхностного слоя эмали. Лучше они контурируются в пришеечной и проксимальной области, причем более характерно возвышение головок призм над поверхностью эмали. На интактной эмали не обнаруживается микропор в виде ниш, встречающихся на детских зубах. В возрастной группе старше 45 лет зубы отличаются значительной стертостью бугров и режущего края. Площадь стертости с возрастом увеличивается. В сканирующем электронном микроскопе видны только отдельные призматические участки поверхности эмали, маскирующиеся пелликулой, причем головки призм выступают над ее уровнем. Основная площадь поверхности эмали беспризменная. При обследовании зуба выявляется значительное число царапин, борозд, трещин. Полосы и царапины идут на зубе в различных направлениях. Трещины чаще располагаются на вестибулярной поверхности параллельно вертикальной оси зуба. Как правило, они заполнены гравиеподобными отложениями, аморфным веществом. В них обнаруживаются также крупные кристаллы. От возрастных изменений зуба следует отличать, так называемые, распространяющиеся трещины («расслоение зуба»).

Важным структурным элементом эмали являются **микропоры** – система микропространств различного диаметра. В частности, пористость на поверхности зуба образуется за счет множественных углублений, образовавшихся на скате и дне перикиматий в процессе формирования эмали, темных отверстий диаметром до 2мкм на участках беспризмных зон. Относительно крупные поры сопоставимы по размерам с поперечником эмалевой призмы. Ультрамикроскопические поры встречаются значительно чаще. Отдельные участки поверхности могут быть испещрены ими. Эти образования имеют более правильную округлую форму, их диаметр составляет десятые доли микрометра. Чаще они встречаются по периферии призм, в межпризмных зонах.

Микроскопические трещины шириной в доли микрометра окаймляют группы в 20-30 призм, образующие так называемые пучки призм. Совокупность этих трещин формирует сеть, напоминающую рисунок неправильных сот – границы пучков призм. Наиболее крупные из пор – микротрещины. Если диаметр призмы 2-10 мкм, то трещины могут составлять по ширине от 1 до 3-5 диаметров призмы, а по длине несколько десятков мкм. Они образуются в процессе жизнедеятельности зуба и локализуются чаще на проксимальных поверхностях или в пришеечной области. Макротрещины видны на поверхности зубов невооруженным глазом.

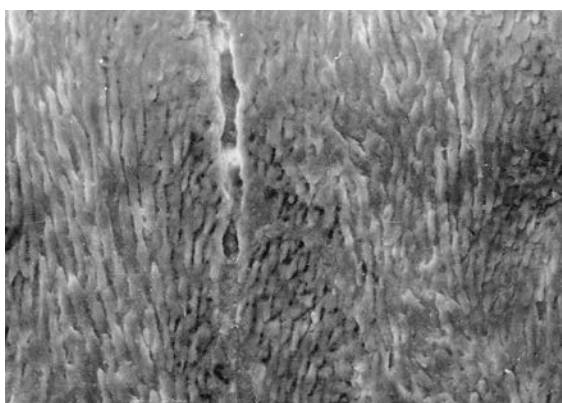


Рисунок 8. Шлиф зуба. Магистральная пора в глубоких слоях эмали. Головки и тела эмалевых призм. СЭМ. Ув. 1000

Микропоры глубоких слоев эмали формируются межкристаллическими и межпризмными пространствами, участками пониженной минерализации, линиями Ретциуса, крупными магистральными микропорами (рис. 8). Относительно крупные поры, сопоставимые с размером призм, обнаруживаются методами ОМ и СЭМ

при увеличениях 300-1 000; межпризменные пространства – методами СЭМ и ПЭМ при увеличениях 2 000-10 000, межкристаллические пространства требуют для исследования увеличения в десятки-сотни тысяч раз. В оптическом микроскопе микропоры выявляются, благодаря отличиям их оптических свойств от окружающих тканей, а именно низкой оптической плотности. В электронном микроскопе их обнаружению способствует пониженная плотность упаковки кристаллических структур. Межпризменные промежутки соединены между собой межкристаллическими пространствами.

Микрошероховатость поверхности эмали, создаваемая естественным микрорельефом и приобретенными структурами, изучается методами профилометрии. Обнаружена наиболее значительная шероховатость в области шейки и контактной поверхности – участках подверженных кариесу. Более выражена шероховатость эмали детских зубов по сравнению с группой 35-40 лет. Уменьшение шероховатости с возрастом – результат естественного полирования и реминерализации поверхности эмали.

При исследовании структуры высокоминерализованной ткани зуба широко используется кислотное травление эмали, усиливающее рельеф изучаемой поверхности. Протравленная эмаль выглядит темной, что обусловлено изменением оптических свойств после кислотного воздействия. Сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) позволяет детализировать полученную картину. А именно, усиление контрастности призмных поверхностей достигается за счет разрушения центра и периферии эмалевых призм. Первый или второй тип травления, в основном, зависит от преимущественного расположения головок призм, возвышающихся над поверхностью эмали или наоборот западающих.

Эмаль зубов детей после кислотного воздействия характеризуется значительной деструкцией поверхностных образований, в том числе пелликулы, которая отслаивается или частично разрушается. Во всех случаях обработанный кислотой участок и интактная эмаль резко контрастируют.

Характерно нарушение четкости границ эмалевых призм, которые выглядят как бы размытыми в результате растворения минеральных компонентов и их частичной рекристаллизации. Участки, на которых перикиматии полностью разрушены кислотой, отличаются неравномерным рельефом. В случаях, когда волны перикиматий сохраняются, они бывают изъедены, обнаруживаются уступы, узуры. В ряде случаев рельеф поверхности маскируется органическими образованиями.

Изменения поверхности эмали зубов возрастной группы 20-30 лет в пришеечной области под воздействием травления соответствуют таковым на детских зубах: рельеф нерегулярный, призмы значительно разрушены. На гладких участках, т.е. на большей площади зуба граница интактной и протравленной эмали определяется четко. Кислотное воздействие усиливает призмный рисунок равномерно по всей площади, причем, призмные участки чередуются с беспризмными. Могут разрушаться как периферия, так и центры призм. При этом характерен периферический тип травления. В случаях травления центра призм, эмаль приобретает ячеистый вид.

Сходные с описанными изменениями после кислотного травления наблюдаются на поверхности зубов следующей возрастной группы – 45-70 лет. Отсутствие выраженного рельефа поверхности обуславливает равномерность разрушения интактной эмали в результате воздействия кислотой. Граница с интактной эмалью четкая, основным результатом травления служит усиление контрастности призмных структур.

Кроме того, воздействие кислотой на зрелую эмаль, проявляет ранее неразличимые структуры, напоминающие перикиматии. На участках травления они определяются в виде темных и светлых полос и соответствуют направлению перикиматий на интактной незрелой эмали. Встречаются 2 их основных вида. При первом варианте полосы образуются за счет изменения рельефа или оптических свойств – появления невысоких волн. При втором варианте рисунок обеспечивается различной контрастностью головок призм.

Их появление можно объяснить неодинаковой кислотной резистентностью различных участков эмали, образующихся выходом на поверхность линий Ретциуса.

В целом картина зрелой эмали после кислотного воздействия напоминает поверхность незрелых зубов: призматические структуры на фоне перикиматий.

Кислотное травление эмали позволяет также выявить пучки призм, выходящие на ее поверхность. Они содержат 20-30 структурных единиц, а их граница представлена в виде ломаной линии, идущей вдоль границ призм.

ЭМАЛЕВО-ДЕНТИННОЕ СОЕДИНЕНИЕ (ЭДС) образовано мембраной, которая на ранних стадиях функционирования зуба представлена некальцифицированными коллагенными волокнами, отделяющими эмаль от дентина. В дальнейшем она частично минерализуется. В одних случаях ЭДС определяется в виде прямой или слегка извилистой линии, в других – выглядит как изломанная кривая. Чаще всего, однако, скопления волокон формируют блюдцеобразную форму эмалево-дентинного соединения. Группы призм как бы вкладываются в отдельные «блюдца». Они глубоко вдаются в дентин, придавая эмалево-дентинному соединению фестончатый вид.

В постоянных зубах при увеличении $\times 100$ эмалево-дентинная граница имеет вид четкой извитой линии (зигзагообразной) с высотой зубцов 15-20 мкм и шириной 20-40 мкм, в отдельных участках до 60 мкм. Имеются участки с однородной картиной, где приблизительно одинаковые зубцы располагаются последовательно, в других участках – зубцы различного размера и повторяются через различные промежутки длины границы.

При увеличениях $\times 200$ граница имеет вид извилистой полосы, четко видна фестончатость границы эмаль-дентин, прослеживаются более мелкие. Отдельные зубцы имеют размеры от 25 до 60 мкм шириной и до 20 мкм высотой (рис. 9).

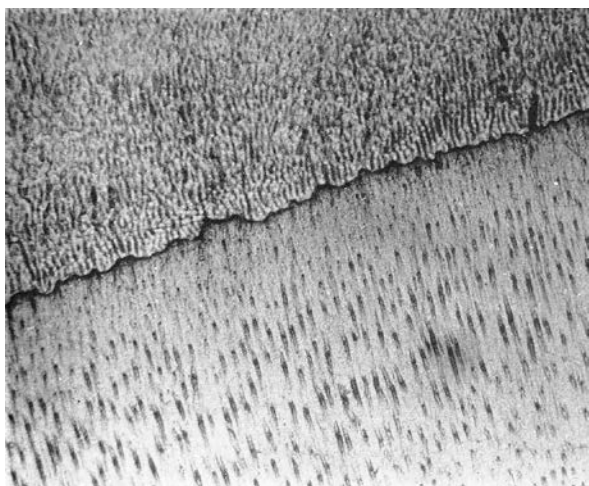


Рисунок 9. Шлиф зуба. Эмалево-дентинное соединение молодого зуба. СЭМ. Ув. 330

При исследовании шлифов образцов в электронном микроскопе отмечается, что в области соединения эмали с дентином призматические структуры исчезают. В одних случаях четкой границы между эмалью и дентином не определяется. Дентин выглядит более светлым, эмаль – более темной. В других случаях в области эмалево-дентинной границы

обнаруживается аморфная органическая субстанция и фибриллы, характеризующиеся поперечной исчерченностью с интервалами 60-65 нм, которые четко разграничивают твердые ткани (эмаль и дентин).

Наличие веществ органической природы в области ЭДС подтверждается образованием золы после сжигания зуба в муфельной печи. В результате эмаль и дентин легко разделяются. Так называемый, «камерный» кариес, распространяющийся вдоль эмалево-дентинного соединения, приводит к подобному эффекту отделения эмали от подлежащего дентина.

СТРУКТУРА ДЕНТИНА

Покрытый эмалью дентин составляет основную массу коронки и корня зуба. Зрелый дентин содержит 70-75 масс % неорганического вещества, 18 масс % – органики и 10-12 масс % – воды. Объемное соотношение данных элементов структуры можно представить следующим образом: 46%; 32%; 22%.

Основные составные элементы неорганической части дентина – кальций и фосфор. От общей массы дентина кальций занимает 26,7%, фосфор – 13,6%. В золе соответственно – 39 масс % и 18 масс %. Магния в золе по массе обнаруживается до 2,01%, двуокиси углерода – до 3,54%, натрия – от 0,19 до 0,75%, хлора – до 0,04%.

Часть минеральных элементов связаны с органической фазой, как, например, нитрофосфат, фосфолипид. Другие содержатся в зубной лимфе – Na, Se, Mg, CO₃ и сравнительно меньше свободного Ca и P.

Дентин полностью сформированного зуба составляет его большую часть. Основная характеристика дентина – присутствие дентинных канальцев (трубочек). Последние в основном протягиваются от пульпы к области эмалево-дентинной и дентин-цементной границ. Дентинные канальцы окружены перитубулярным (околотрубочковым) дентином – плотной, высокоминерализованной тканью. Между трубочками обнаруживается интертубулярный (межтрубочковый) дентин, который состоит из минерализованного коллагена.

Установлено, что **дентинные трубочки** могут служить воротами для входа внешних раздражителей, в том числе микроорганизмов, в пульпу. Отсюда, с клинической точки зрения, трубочки наиболее важный и интересный компонент дентина.

Дентинные трубочки пронизывают всю толщину дентина от пульпы до эмали, делая небольшой изгиб по длине, и занимают до 30% всей коронковой части: в периферических отделах 10%, а в околопульпарных – 80% объема дентина. Количество дентинных трубочек составляет соответственно 15 000 на мм² в плащевом (периферическом) дентине и 75 000 на мм² площади околопульпарного дентина. Диаметр дентинных трубочек достигает 2-5 мкм, сужаясь по направлению от центра зуба (пульпо-дентинной границы) к эмалево-дентинному соединению. Расстояние между их центрами составляет 6-15 мкм.

Дентинные трубочки на поперечном шлифе имеют округлую или овальную форму. Края их могут быть гладкие или неровные, как следствие процессов де- и реминерализации, в которых участвует околотрубочковый (перитубулярный) дентин. В дентинных трубочках, заполненных зубным ликвором, содержатся длинные отростки одонтобластов, занимая до 2/3 их

длины. Можно встретить также коллагеновые волокна. В норме изредка можно обнаружить obturated каналы, количество которых с возрастом значительно увеличивается.



Рисунок 10. Шлиф дентина. Минерализованная дентинная трубочка. ТЭМ. Ув. 4000

содержимое каналов чаще минерального происхождения (интратубулярный (интратубулярный) дентин) (рис. 10).

Изучение структуры **основного вещества дентина** в электронном микроскопе выявляет большую плотность (минерализованность) околотрубочкового дентина по сравнению с междотрубочковым (интертубулярный) во всех возрастных периодах.

По составу органических и неорганических компонентов различают следующие морфологические слои дентина: первичный дентин (плащевой и околопульпарный); преддентин; вторичный дентин.

Первичный дентин – наиболее плотный, что зависит от особенностей его формирования, а также строения основного вещества и степени минерализованности. По всему объему основное вещество представлено коллагеновыми фибриллами, так называемыми волокнами Корфа. Между фибриллами расположена аморфная органическая субстанция. Высокая минерализация первичного дентина обеспечивает плотность междотрубочкового вещества. По всей площади его пронизывают дентинные каналы.

Природа вещества, запечатывающего трубочки, может быть различна. В детских зубах, характеризующихся свободными широкими просветами дентинных трубочек, оно представлено аморфным субстратом, преимущественно органической природы. В зрелых зубах

Периферический слой дентина носит название – плащевого. Он прилежит непосредственно к эмалево-дентинному соединению. Дентинных трубочек в нем меньше и они уже, чем в околопульпарном.

Околопульпарный дентин расположен вблизи пульпы. Внутри этого слоя могут встречаться интерглобулярные зоны, которые представляют участки гипо- или неминерализованного матрикса. Они образуются при быстром отложении или неполной минерализации дентина, когда минерализованные глобулы не сливаются в однородную ткань. Подобное строение имеет зернистый слой Томса, который расположен в периферическом слое дентина корня зуба ближе к цементу. Этот пласт образован малыми интерглобулярными участками, плотно прилежащими друг к другу.

Минерализация «мостиков», соединяющих щечные и язычные участки дентина резцов не всегда завершается. Может оставаться неминерализованная центральная полоса или неминерализованные участки вдоль эмалево-дентинной границы резцов. Понятно, что в таких зубах, даже несложная фрактура коронки может вызвать обнажение пульпы.

Органические вещества дентина представлены всей гаммой компонентов, обеспечивающих обмен веществ в живых тканях. Это белки, углеводы, липиды, белково-углеводные комплексы (GAG), гормоны, ферменты и т.д.

Основные органические компоненты в массе дентина – это коллагеновые волокна (92%). Некоторые из них расположены перпендикулярно к дентинным канальцам. Другие обвивают дентинные трубочки. Следующие расположены в различном направлении.

В околопульпарной области коллагеновые волокна идут в основном тангенциально, т.е. параллельно крыше полости зуба. В плащевом дентине волокна проходят преимущественно радиально, т.е. перпендикулярно крыше пульповой камеры. Это следует знать при выполнении некротомии при помощи экскаватора.

В основном веществе дентина наблюдаются широкие линии, перпендикулярные к дентинным канальцам, которые отражают линейные участки сниженной минерализации. Это различие в минерализованности слоев определяется как линии Оуэна. Они подобны линиям Ретциуса в эмали. В дентине, как и в эмали, обнаруживается неонатальная линия на временных зубах и в первых молярах.

Другие полосы носят название линии Эбнера. Они расположены с интервалом 4-8 мкм, также перпендикулярно дентинным канальцам и подобно поперечным полосам эмали отражают суточные ритмы минерализации.

В молодых зубах почти всегда встречаются мамелоны – пальцеобразная структура первичного дентина, обусловленная развитием зуба из трех долей в направлении к режущему краю. Цвет мамелона часто отличается от основного цвета зуба.

Предентином называют слой дентина, непосредственно обращенный к пульпе зуба. Основным компонентом матрикса предентина являются пучки коллагеновых волокон и скопления аморфного мелкодисперсного вещества. Пучки волокон ориентированы перпендикулярно длине оси отростка одонтобласта.

После того, как зубы полностью сформированы, дентиногенез хотя и медленнее продолжается. Этот дентин называется физиологическим вторичным дентином и отличается от первичного тем, что он локализуется в полости зуба, а его структура и состав могут варьироваться в одном зубе и в различных зубах. Ускорение формирования вторичного дентина в ограниченных областях зуба может явиться ответом на внешние раздражения.

Вторичный дентин образуется над неизменной пульпой, канальцы в нем расположены так же, как и в первичном дентине. Такой дентин называют регулярным. Он образуется (продуцируется) одонтобластами с возрастом, постепенно уменьшая объем полости зуба. Вторичный дентин может отделяться от первичного демаркационной линией.

В других случаях вторичный дентин отличается направлением канальцев. Этот вид вторичного дентина называют репаративным, нерегулярным (защитным). Он образуется как результат патологических воздействий на зуб (стираемость, эрозия, кариес, препарирование полости). При сильных воздействиях одонтобласты повреждаются и поэтому продуцируют дентинную матрицу с искривленными или отсутствием канальцев (прозрачный дентин). По мнению одних авторов первичный и вторичный дентин одинаково минерализованы, по мнению других – вторичный – менее минерализован.

Сложная структура дентина, а именно сравнительно высокое количество органических веществ и воды, выраженная неоднородность его структуры влияют на его оптические свойства. Они обуславливают рассеивание света, вызывающее относительную непрозрачность дентина. Избирательное поглощение и отражение лучей определяют желтоватый оттенок зуба, особенно в пришеечной трети, где слой эмали тоньше, а потому просвечиваются подлежащие ткани, в частности богатый белком-коллагеном дентин.

Гистология дентина корня. Дентин корня состоит из основного вещества, пронизанного дентинными трубочками, которые идут в направлении от макроканала к дентин-цементной границе. Боковые ответвления трубочек анастомозируют между собой, создавая дренажную систему корня. Как и в коронковой части зуба, дентинные канальцы в корне содержат отростки клеток одонтобластов, так называемые, волокна Томса. Тела клеток лежат в периферическом отделе корневой части пульпы.

Диаметр дентинных трубочек уменьшается в направлении от корневого канала к цементу, составляя, в среднем 2,9-1,8 мкм. Отмечается также снижение объема дентинных трубочек в направлении от шейки к верхушке зуба.

Аналогична закономерность уменьшения количества канальцев от 32 000 на мм² до 17000 на мм². Объем, занимаемый дентинными трубочками, достигает максимального значения (61%) в области шейки корня, в середине

примерно в 3 раза ниже (19%) и в 12 раз меньше в апикальной области (около 5%).

На границе пульпы и дентина на всей протяженности канала медленно, но постоянно откладывается слабообызвествленный предентин. По мере отложения новых слоев, предыдущие минерализуются, образуя вторичный дентин.

Усиленное образование заместительного дентина в корне отмечается при локализации поражения в пришеечной области при кариесе, эрозии, клиновидном дефекте.

Кроме выраженного процесса дентиногенеза в корне происходит также кальцификация и кристаллизация фибриллярных структур. Наиболее минерализованные зоны толщиной до 10 мкм обнаруживаются на границе с цементом. В дентине корня зуба может формироваться также зернистый слой Томса – слабоминерализованные интерглобулярные пространства – результат неравномерного обызвествления дентина. Причиной могут служить заболевания, нарушающие минеральный обмен в зубах (рахит, инфекции).

ЦЕМЕНТ КОРНЯ ЗУБА

Первичный бесклеточный цемент покрывает поверхность корня от шейки до верхушки тонким слоем (20-30 мкм). Граница цемента и дентина корня не совпадает с анатомическим апикальным отверстием, а находится внутри корневого канала на глубине 0,5-2 мм от рентгенологически определяемой верхушки корня. В местах наиболее активного роста корней (область фуркации, бифуркации, трифуркации, верхушки корня) сохраняется первичный клеточный цемент. Его толщина бывает значительно больше, достигая и даже превышая 1 мм. В этой области определяются клеточные структуры – цементобласты.

Цемент формируется на протяжении всей жизни зуба и откладывается в виде вторичного на поверхности имеющегося первичного. Функциональная

(жевательная) активность зуба приводит к усиленному отложению вторичного цемента. Неравномерная нагрузка, например при ортопедических или ортодонтических вмешательствах, вызывает резорбцию цемента на стороне, испытывающей давление, и аппозицию тканей на ненагруженной стороне. Избыточные отложения, напластования в виде гиперцементоза обнаруживаются в зубах, либо несущих высокую функциональную нагрузку (опорные зубы под протезами), либо леченных по поводу воспаления пульпы, периодонта. Чаще всего гиперцементоз локализуется в области вершечек или местах расхождения корней. Выраженные напластования цемента приводят к деформации корня, невозможности определить вершечное отверстие и измерить рабочую длину канала.

Гиперцементоз на обнаженной части корня при ретенции десны рассматривается как защитная реакция зуба на внешние раздражители.

Неблагоприятным признаком течения воспалительного процесса в периодонте является избирательная резорбция цемента, например, при хронических перидонтитах.

ГИСТОЛОГИЯ ПУЛЬПЫ

Гистологически пульпа может быть разделена на 3 зоны. Первая – **центральная** – собственно соединительная ткань, содержит большое количество кровеносных сосудов и нервов, которые разветвляются в направлении периферических отделов пульпы. Центральная область богата недифференцированными клетками мезенхимы и фибробластами. Эта зона до прорезывания зуба служит «депо» для формирования дентин-продуцирующих клеток (одонтобластов). Она больше выражена в коронковой, но определяется и в корневой пульпе.

К периферии от этой области находится **зона Вейля**. Она выглядит как свободная от клеток и часто описывается как бесклеточная, а правильнее, бедная клетками зона. Она уменьшается или временно исчезает, когда имеет

место быстрое формирование дентина. Бедная клетками область богата капиллярной и нервной сетью (сплетениями). Нервные сплетения состоят, в основном, из безмиелиновых чувствительных волокон, которые теряют свою миелиновую оболочку перед или сразу после проникновения в эту зону. Они являются специфическими рецепторами боли и продолжаются в область одонтобластов преддентина. Здесь они заканчиваются в виде нитей, бусинок, капель, четок.

Наружная зона пульпы представлена высокодифференцированными клетками – одонтобластами. Последние расположены в 4-8 слоев и своими короткими отростками тесно контактируют с нервными окончаниями.

Сочетание одонтобластического слоя и свободных нервных окончаний формируют чувствительный комплекс, который может быть определен как **периферическая чувствительная капсула**, полностью охватывающая центральную пульпу.

СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПУЛЬПЫ

Пульпа зуба, как соединительная ткань других частей тела, состоит из клеток, волокон, аморфных субстанций и межклеточной (основной) жидкости. Клетки включают фибробласты, гистиоциты, плазмациты. Лаброцитов (тучных клеток) в пульпе нет.

Фибробласты – основные клетки соединительной ткани. Они продуцируют желатиноподобный межклеточный матрикс, в котором содержатся все компоненты пульпы, в том числе коллагеновые фибриллы, которые укрепляют этот матрикс. По мнению других авторов, фибробласты продуцируют коллагеновые волокна. Форма клеток варьируется от фузиформной (сигароподобной) с длинными тонкими протоплазматическими отростками до звездчатой с короткими многочисленными отростками, которые формируют сеть, контактируя с другими фибробластами. Их состояние зависит от возраста и витальности пульпы. Размеры и количество этих клеток могут

изменяться в результате возрастных процессов, развития кариеса, эрозии, стираемости зубов или лечебных манипуляций.

Плазматические клетки в пульпе определяются при хроническом воспалении. При аллергическом компоненте присутствуют эозинофилы. Клеточный резерв пульпы представлен недифференцированными **клетками мезенхимы**, которые способны превращаться в макрофаги, фибробласты, остеокласты.

Гистиоциты – следующий тип клеток, имеющих в соединительной ткани (отдыхающие, блуждающие). Они локализуются вблизи кровеносных сосудов. Активируясь, гистиоциты теряют длинные тонкие разветвляющиеся отростки, мигрируют в область воспаления и становятся макрофагами, т.е. фагоцитируют бактерии, инородные тела, мертвые клетки.

В пульпе практически отсутствуют тучные клетки (лаброциты). В результате выпадает такое звено гуморальной регуляции просвета сосудов, как секрет тучных клеток (гистамин). Жировые клетки в пульпе не обнаруживаются.

Одонтобласты (дентинобласты) – специализированные высокодифференцированные клетки – являются уникальными по своей роли, как для дентина, так и для пульпы. Некоторые авторы считают, что название «дентинобласт» является более точным, поскольку вернее раскрывает функцию клетки и более соответствует понятиям в их номенклатуре. Так, если цементобласт продуцирует цемент, остеобласт – кость, а амелобласт секретирует эмалевую матрицу, то клетка, продуцирующая дентин, должна носить название «дентинобласт». Одонтобласты расположены слоями (палисадообразно) по периферии пульпы. В «молодой» пульпе обнаруживаются 6-8 таких слоев (рис. 11). Размеры и форма клеток могут изменяться в зависимости от локализации. Они напоминают высокие и низкие цилиндры в полости зуба, кубической формы в канале и плоские у апекса.

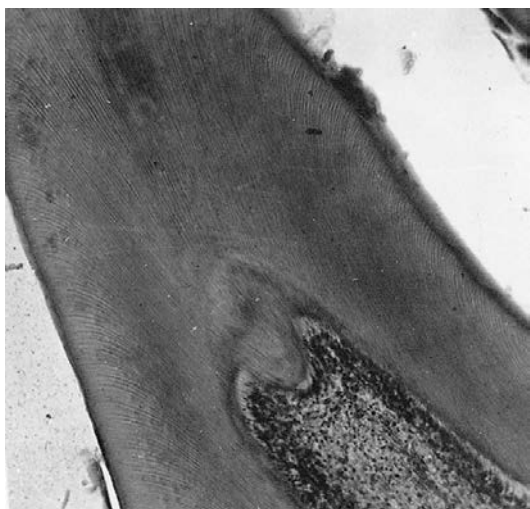


Рисунок 11. Поперечный срез зуба. ОМ. Ув. 300. Определяется слой одонтобластов, предентин, первичный и вторичный дентин

На срезе одонтобласты имеют полигональную форму, тесно контактируют между собой короткими отростками. Слой одонтобластов отделен от предентина четкой границей – пульподентинной линией, которая не является истинной мембраной. Она образуется в виде утолщения на участке соединения оболочек смежных одонтобластов. На срезе это утолщение выглядит как обращенный к дентину полигональный «воротник» вокруг

одонтобластов. Нарушение пульподентинной мембраны или палисадообразного расположения одонтобластов указывает на патологические процессы.

Длинные отростки одонтобластов проникают в дентинные трубочки на протяженность от 1/2 до 2/3 их длины, не достигая эмалево-дентинного или дентинно-цементного соединения. Отростки омываются межклеточной жидкостью, поступающей в дентин от пульпы (дентинная лимфа). Эта жидкость движется в трубочках центробежно под действием внутрипульпарного давления и капиллярных сил.

Одонтобласты не являются нервными клетками по строению или функциям, однако, будучи в тесном контакте с нервными окончаниями (рецепторами) участвуют в выполнении сенсорной функции. Именно поэтому обе структурные единицы вместе названы периферической чувствительной капсулой. Последняя окружает всю центральную пульпу. Следовательно, именно клетка-одонтобласт играет специфическую роль в болевом ответе пульпы.

Будучи высокодифференцированными клетками, одонтобласты более повреждаемы, чем фибробласты. Кроме того, посредством ликвора они связаны

с внешней средой и, следовательно, являются первыми «живыми» структурами зуба, которые подвергаются вредным воздействиям.

Одонтобласты – это клетки, которые после прорезывания зуба определяют три функции пульпо-дентинного комплекса: интра- и перитубулярную кальцификацию (склероз дентина), формирование репаративного дентина и воспаление. С этими функциями тесно связана также нормальная чувствительность и гиперестезия зуба.

Неклеточные компоненты пульпы – **фибриллы** – волокна, зрелые коллагеновые или молодые преколлагеновые, расположены диффузно по всей пульпе. Преколлагеновые (ретикулярные, аргирофильные), которые впоследствии формируют коллаген, преобладают в развивающейся молодой пульпе. Вокруг кровеносных сосудов, одонтобластов, в межклеточном пространстве расположены ретикулярные волокна, которые могут превращаться в коллаген. Большая часть этих ретикулярных волокон концентрируется в бедной клетками зоне. Тонкие аргирофильные волокна отбрасывают спирально-скрученные связки, которые протягиваются между одонтобластами. Химически изменяясь, они появляются в предентине как коллагеновые волокна и образуют затем фибриллярную основу дентина, известную как «**волокна Корфа**».

Коллаген может быть представлен в виде отдельных волокон, расположенных хаотично, диффузно, либо концентрироваться в пучки, идущие параллельно нервам или самостоятельно. Проявляется тенденция к большей концентрации в корневой, по сравнению с коронковой пульпой. В корневой пульпе фибриллы более упорядочены, и поэтому при экстирпации она удаляется одним общим тяжем. Коллаген, как и преколлаген накапливается, разрастается с возрастом. Независимо от возраста верхушечная часть пульпы обычно более фиброзна, чем коронковая.

Основное вещество пульпы представлено межклеточной жидкостью и аморфными частицами.

Все компоненты пульпы омываются **межклеточной жидкостью**, в которой содержатся водорастворимые метаболиты плазмы, такие как аминокислоты, соли, витамины, гормоны, ферменты, кислород. Они проходят через полупроницаемую мембрану – сосудистую стенку. Продукты жизнедеятельности клеток в свою очередь могут поступать в вены или лимфатическую сеть.

Аморфный компонент межклеточной матрицы – основная субстанция, межклеточное вещество содержит высокополимерные молекулы, что создает высокую вязкость или гелеобразность пульпы. Основные свойства обеспечиваются мукополисахаридным комплексом – гликозаминогликанами GAG (гиалуроновая и хондроитинсерная кислоты, производные последней).

Желатиновая основная субстанция является барьером для микроорганизмов и токсичных продуктов. Некоторые бактерии, такие как гемолитический стрептококк, способны продуцировать фактор (энзим), разрушающий GAG, в результате снижается вязкость, отмечается локальное повышение температуры. Оба процесса способствуют воспалению, снижая барьерную функцию желатиновой субстанции.

КРОВΟΣНАБЖЕНИЕ ПУЛЬПЫ

Разветвление кровеносных сосудов в пульпе берет начало от 1-2 малых артерий, проникающих через верхушечное отверстие. Диаметр последнего 0,2-0,4 мм. Добавочно к артериям через отверстие проходят вены, лимфатические сосуды и нервы.

Пульпа зубов нижней челюсти получает кровоснабжение от нижней луночковой артерии, одной из ветвей челюстной артерии. В нижнечелюстном канале от нее отходят зубные ветви, которые через верхушечные отверстия корней вступают в пульпу зуба. Дополнительные сосуды могут проходить через латеральные каналы или дельтовидные разветвления основного канала корня.

От челюстной артерии отходит также задняя верхняя луночковая артерия, веточки которой идут к жевательным зубам верхней челюсти. Ее же ветви обеспечивают кровоснабжение премоляров и фронтальной группы зубов.

Входя в корневой канал, более крупные артерии разветвляются на малые артерии, затем артериолы и, наконец, капилляры: как дерево, кроной в направлении к периферии пульпы. При наличии капилляров на всех участках пульпы, большее их количество концентрируется в субодонтобластической и одонтобластической, т.е. богатой клетками зонах для удовлетворения функциональных потребностей больших клеточных популяций.

Тонкие и нежные стенки артериол состоят из внутреннего (эндотелия), среднего (мышечного) и наружного слоев. Слабо выраженная неспособность стенок сокращаться может приводить к стойкому расширению сосудов и увеличению объема крови в пульпе.

Промежуточные сосуды представлены метартериальными или прекапиллярными.

В капиллярных стенках нет наружного и среднего (мышечного) слоев. Они построены полностью из эпителия, продолжающегося со стенок артериол и венул. Два слоя эндотелиальных клеток вместе образуют капиллярную трубку. Их стенка, поэтому исключительно тонкая и избирательно проницаема для электролитов и молекул малых размеров.

Капилляры не получают иннервации и их расширение пассивно следует за увеличением объема крови в зависимости от диаметра более крупных сосудов с мышечной стенкой. Не все единицы в капиллярной сети функционируют одновременно. Многие остаются запустевшими, пока не происходит увеличение объема крови, другие функционируют только с перебоями для поддержания тканевого обмена. Просвет капилляров может регулироваться потребностью окружающих тканей, т.е. уровнем тканевого обмена, который резко повышается при воспалении и приводит к сосудистому стазу.

Описаны капилляры с постоянным широким (20 мкм) диаметром, названные «зияющими». Вероятно, они способствуют усиленному притоку крови к пульпе.

Прекапилляры соединяются в венулы, которые, в свою очередь, сливаются в вены. Венозный отток от челюстной области осуществляется в полую вену.

В коронковой пульпе определяются артериовенозные анастомы или шунты. Кровь здесь поступает из артериальной в венозную сеть, минуя капилляры.

Лимфатические сосуды также присутствуют в пульпе, хотя обнаруживаются с трудом при помощи инъекции или перфузии красителей в пульпу. Отток лимфы от зубов верхней и нижней челюстей осуществляется в подчелюстные и подбородочные лимфатические узлы, что имеет важное клиническое значение.

ИННЕРВАЦИЯ ПУЛЬПЫ

Пульпа зуба, как и любая соединительная ткань, обеспечена соматической и вегетативной иннервацией, которая осуществляется ветвями тройничного нерва, парасимпатическими (от крылонебного узла) и симпатическими (от верхнего шейного узла) нервами. Ветви верхне- и нижнечелюстных нервов входят в пульпу через апикальное отверстие (или дополнительные каналы) в составе сосудисто-нервного пучка.

Афферентно-эфферентный путь через нервную систему от зоны одонтобластов к исполнительному органу (мышцам сосудистой стенки) называется **рефлекторной дугой пульпы**, которая содержит чувствительные и двигательные нервы.

Чувствительные афферентные нервы, вступающие через отверстие в пульпу, покрыты оболочкой живых (Шванновских) клеток. Эта оболочка, или неврилема, окружает нервное волокно желеобразной субстанцией.

Шванновская клетка содержит миопротеины, называемые миэлин, а нервные волокна носят название миэлиновые. Скорость проводимости нервных импульсов достигает 30-40 м/с (А-дельта ветви).

Крупные нервы обнаруживаются в корневом канале и центральной зоне пульпы; к периферии они разделяются на меньшие и меньшие веточки, сопровождающие кровеносные сосуды или переплетающиеся вокруг них. После проникновения в субодонтобластический (бедный клетками) слой они теряют миэлиновую оболочку и формируют богатую сеть или сплетение из безмиэлиновых волокон. Эти свободные нервные окончания являются специфическими рецепторами боли. Многие из них вступают в одонтобластический слой, где располагаются между или оборачиваются вокруг одонтобластов, а некоторые проникают в зону предентина. Рецепторы могут тесно контактировать с короткими отростками одонтобластов.

Чувствительное восприятие раздражителей пульпой характеризуется формированием исключительно болевой реакции. При воздействии внешних факторов на дентин возникновение импульса в пульпе зависит от силы раздражителя, продолжительности воздействия, исходного состояния пульпы зуба.

Двигательная иннервация обеспечивается симпатическим отделом нервной системы. Симпатические нервы тоньше, чем чувствительные, поэтому они не имеют миэлиновой оболочки. (Скорость проведения нервных импульсов – 2 м/с). Они вступают в отверстие канала в составе наружной оболочки артерий и заканчиваются «узелками» в мышечных клетках средней оболочки (мышечной) стенки артерий. Термин вазомоторный (сосудодвигательный) контроль соответствует функции симпатических нервов, поскольку они регулируют диаметр просвета сосуда и следовательно, объем крови, ее ток и итрапульпарное давление.

Когда эфферентные нервные импульсы возвращаются от ЦНС, они проникают в мышечную стенку артерии, артериолы. Здесь высвобождается

гормон (перинефрин), который вызывает временное сокращение мышечных клеток и сужение сосудов в этой области пульпы. Истинные капилляры не иннервируются.

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР ЗУБА

Для твердых тканей зуба свойственны различные индивидуальные вариации тонких структур, однако существует ряд общих возрастных особенностей. Так, если в эмали детских зубов легко обнаруживаются расширенные межпризменные пространства, микрощели, микропоры, высокая контрастность линий Ретциуса, то для зубов лиц старших возрастных групп характерна гомогенизация структур, протекающая на различных системных уровнях.

Так, отмечается существенное повышение минерализации эмали преимущественно за счет образования минеральных компонентов, закрывающих микропоры, заполняющих межкристаллические пространства. Морфологически этот процесс как раз и обнаруживается снижением пористости, сужением границ призм и, в целом, повышением однородности структуры эмали. Характерно, что близкая к незрелой эмаль дольше сохраняется в пришеечной области и на проксимальных поверхностях.

На шлифах эмали зрелых зубов призмы, тем не менее, различаются достаточно четко, имея на поперечном срезе округлую форму, аркадообразую, вид замочной скважины. На продольных срезах, сколах тела и отростки призм формируют широкие и узкие полосы. Они определяются на большей части шлифа, заканчиваясь на поверхности или в подповерхностном слое, который окаймлен узкой беспризменной полоской эмали по периферии. Призмы более контрастны в глубоких слоях, ближе к эмалево-дентинному соединению. У поверхности они менее контрастны, что объясняется исчезновением ультрамикропор. Крупные микропоры и микрощели в зрелых зубах встречаются редко и лишь на отдельных участках.

Линии Ретциуса выглядят иначе, чем в эмали незрелых зубов. На шлифах высокоминерализованной ткани линии Ретциуса представлены как слабоконтрастные «перехваты» или ступени через равные отрезки призм. Последнее обстоятельство связано с возрастной минерализацией ткани и закрытием микропор, образующих линии Ретциуса. По своим свойствам данные участки становятся похожи на основную массу эмали.

На образцах зрелой эмали четко определяются полосы Шрегера. Регулярность их строения объясняется равномерной минерализованностью пучков призм на всей их протяженности.

Лишь в отдельных случаях сохраняются участки пористых структур. Это касается эмали, располагающейся под зубным камнем. Это, очевидно, связано с особенностями обмена веществ между твердыми тканями зуба и зубными отложениями. Последние, несомненно, если не препятствуют, то ограничивают контакт зуба со слюной, а также движение зубного ликвора. В ряде случаев обнаруживается усиление линий Ретциуса без видимой связи с зубным камнем. Однако подобное явление наблюдается только в пришеечной области. Более четкий рисунок призм на этом участке свидетельствует о пониженной минерализации, а, следовательно, о появлении или сохранении зон, характерных для незрелой эмали, отличающихся пористостью. Именно эти участки пигментируются, в первую очередь, в процессе функционирования зуба.

Кроме описанных возрастных особенностей, специфические преобразования происходят в области фиссур премоляров и моляров. Нередко наблюдается их спонтанное запечатывание естественным путем. В таких случаях в фиссурах обнаруживаются плотные высокоминерализованные образования. Их неоднородность проявляется слоистостью либо крупной зернистостью.

В группе старшего возрастного периода (45-70 лет) отмечается дальнейшее повышение однородности эмали зубов с сохранением призмной

структуры во всех слоях, кроме поверхностного, который в зрелых и «старых зубах», как правило, становится беспризмленным на толщину от нескольких мкм до десятков мкм. Полосы Гунтера-Шрегера остаются контрастными, линии Ретциуса, напротив, выделяются слабо.

Дальнейшее уменьшение объема органического компонента эмали и размеров микропространств приводит к сужению границ между призмами. Соответственно снижается количество воды в твердых тканях зуба. Отмечается уплотнение кристаллической решетки – за счет замещения ионов OH^- на F^- . Повышение однородности эмали увеличивает ее светопроницаемость и усиливает блеск.

Некоторые особенности имеет структура эмали при стертости зубов. На шлифах фронт эмали выглядит неоднородным в силу неравномерного истирания эмали и дентина. В поверхностном слое эмали на участках стирания образуются трещины, микродефекты, призмы слабо контурируют, их границы частично разрушены или расширены.

В результате старения дентина также имеют место направленные изменения: склероз первичных дентинных канальцев, отложение вторичного дентина, образование репаративного дентина.

В зрелых зубах около 30% трубочек бывают закрыты минерализованным веществом. Текстурограмма выявляет кальцийсодержащие аморфные и кристаллические элементы. Отдельные трубочки минерализованы настолько, что структура обтурирующего их субстрата не отличается от основного вещества дентина. Обычно дентинные канальцы первичного дентина постепенно кальцифицируются при условии сохранения живых одонтобластов. Дистальные концы протоплазматических отростков образуют в дентинных канальцах вначале малые порции внутритрубочкового дентина, которые затем могут полностью закрывать их просвет. При этом заметно повышается минерализованность околотрубочкового дентина, в то время как межтрубочковый минерализован заметно меньше.

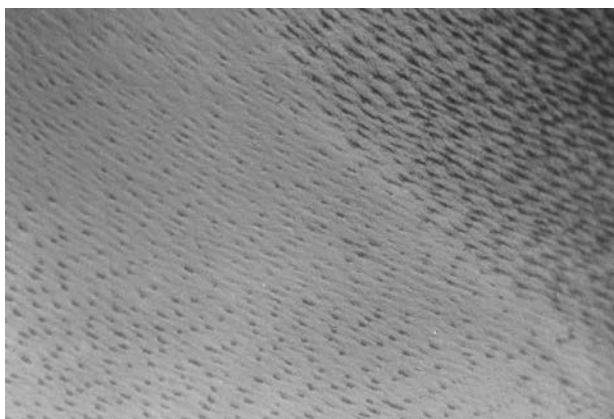


Рисунок 12. Шлиф стертого зуба. Метод интерференционного контраста. Ув. 660. Граница интактного и склерозированного дентина: резкое сужение диаметра дентинных трубочек

Склерозированный дентин означает повышенную минерализацию дентина и облитерацию многих трубочек между открытой поверхностью и пульпой. Он находится над крышей или стенкой полости зуба, соответственно вторичному дентину (рис. 12). Склерозированный дентин может развиваться тем же путем,

что и минерализация открытой поверхности и это означает, что слюна способствует этому процессу. Развитие склерозированного дентина в таких случаях не требует присутствия интактных одонтобластов и отростков. Более того, склероз может развиваться в депульпированных зубах. Если минерализация поверхности обнаженного дентина может происходить в течение двух недель, склерозирование дентина требует более длительного времени. Склероз дентина в корневых каналах обычно начинается с верхушки и относится к возрастным изменениям. Кроме того, подобный процесс наблюдается вокруг медленно прогрессирующего кариозного поражения, как со стороны пульпы, так и латерально от очага деструкции.

Повышение минерализованности дентина возникает не только по мере старения индивида, но и в ответ на длительное внешнее раздражение, например иссечение, стирание, эрозию, некоторые медикаменты: в частности, гидроокись кальция, помещенная на дентин после препарирования полости, также способствуют его склерозу.

Если происходит дегенерация одонтобластов, дентинные каналцы уже более не содержат живой протоплазмы. Тогда образуются «мертвые пути» с широкими свободными просветами дентинных трубочек. Аналогичное явление имеет место при переломе коронки зуба, повреждениях препарированием без

охлаждения глубокой полости, медикаментозной травме (при наложении фенола или азотнокислого серебра). Если погибли не все одонтобласты, то уцелевшие клетки пульпы, вырабатывая репаративный дентин, как бы стремятся заполнить им «мертвые пути».

В дентине корня с возрастом происходят как макро-, так и микроскопические изменения, и оба проявления имеют важное клиническое значение. Макроскопические возрастные изменения характеризуются медленным формированием физиологического вторичного дентина, который медленно изменяет размеры и форму полости зуба и корневого канала. В частности, они могут облитерироваться на всем протяжении, что затрудняет эндодонтические манипуляции. Физиологический вторичный дентин также формируется на стенках латеральных и добавочных корневых каналов, приводя к полному закрытию (смыканию) их узких участков. Вот почему эти каналы, легко выявляемые у молодых лиц, у пожилых пациентов обнаруживаются с трудом.

При отсутствии воспаления в пульпе непрерывно в течение всей жизни происходит отложение новых слоев дентина, сокращающих объем полости зуба. Процесс становится более интенсивным, когда зуб в результате функционирования стирается, обнажая дентин. Хотя раздражение при этом незначительное, оно достаточно, чтобы стимулировать клетки пульпы к формированию вторичного дентина, который откладывается как со стороны «крыши», так и со стороны основания пульповой камеры. Это явление способствует «сокращению» полости зуба в вертикальном направлении в большей степени, чем горизонтальном.

Вторичный дентин – заместительный дентин толщиной до 0,5 мм может образоваться в течение 2-3 месяцев. На гистологическом срезе между первичным и вторичным дентином обычно видна «гиперхромная линия». Цвет склерозированного и вторичного дентина ярко-желтый или прозрачно-серый.

Повышение прозрачности первичного дентина и увеличение количества вторичного делает стареющие зубы темнее.

При повреждении пульпы в результате кариеса или оперативных процедур некоторые одонтобласты гибнут, и образовавшийся после этого вторичный дентин менее регулярен. Это и есть репаративный дентин. Формирование репаративного дентина создает эффективный механизм для защиты пульпы от болезненных процессов. Он более аморфен, дентинные каналы менее регулярны и правильны по форме, чем в первичном дентине, и поэтому такой дентин носит название – иррегулярный.

При хроническом воспалении пульпы, особенно в зубе с больным периодонтом, в канале корня в большом количестве образуется репаративный дентин, вызывая его сужение и облитерацию.

Возрастные изменения в пульпе не всегда соответствуют календарному возрасту человека. Одни авторы считают, что инволютивные процессы начинаются уже в 30-35 лет. Другие – не обнаруживают существенных гистологических и функциональных нарушений в пульпе интактного зуба с возрастом.

Описана атрофия пульпы – снижение объема в результате сокращения размеров полости зуба. Отмечается уменьшение количества слоев одонтобластов или нарушения четкости их расположения, вакуолизация клеток. Наблюдается фиброз пульпы, обеднение клеточными структурами.

С возрастом уменьшается количество воды, которое содержится в основном веществе пульпы. Клетки не могут получать достаточно питательных средств, снижают способность к размножению или репарации. В результате отмечается вакуолизация, пикноз ядер, количество клеток уменьшается на фоне роста коллагеновых ассоциаций.

Имеет место артериосклероз в сосудах; в капиллярах и прекапиллярах – кальцификация. Нервные окончания также постепенно кальцифицируются.

Внутрипульпарная минерализация с возрастом повышается, особенно вдоль сосудов в корневой пульпе.

По мере старения зуба в пульпе продолжается увеличиваться масса коллагеновых волокон и уменьшаться число клеток, объем основного вещества. В большинстве случаев встречается различная степень дистрофической кальцификации пульпы. Процесс наиболее ярко проявляется в области верхушечной трети корневого канала, особенно на участках скопления коллагеновых волокон. В коронковой части пульпы могут формироваться дентиноподобные образования – дентиклы. Различают пристеночные и свободнолежащие дентиклы, последние нередко провоцируют острую боль. Образования значительных размеров, будучи минерализованными, затрудняют эндодонтическое лечение зубов.

Хроническое воспаление пульпы и заболевания периодонта способствуют развитию дистрофической кальцификации как в коронковой, так и корневой части. С возрастом в пульпе могут формироваться дентиклы – дентиноподобные образования.

Учебное издание

Луцкая Ирина Константиновна

КЛИНИЧЕСКАЯ ВОЗРАСТНАЯ ГИСТОЛОГИЯ ЗУБА

Учебно-методическое пособие

Ответственная за выпуск И.К. Луцкая

Подписано в печать 17. 09. 2013. Формат 60х84/16. Бумага потребительская.

Печать ризография. Гарнитура «Times New Roman».

Печ. л. 2,69. Уч.- изд. л. 2,0. Тираж 100 экз. Заказ 260.

Издатель и полиграфическое исполнение –

Белорусская медицинская академия последипломного образования.

ЛВ № 23 от 27.01.2004. 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 3.

