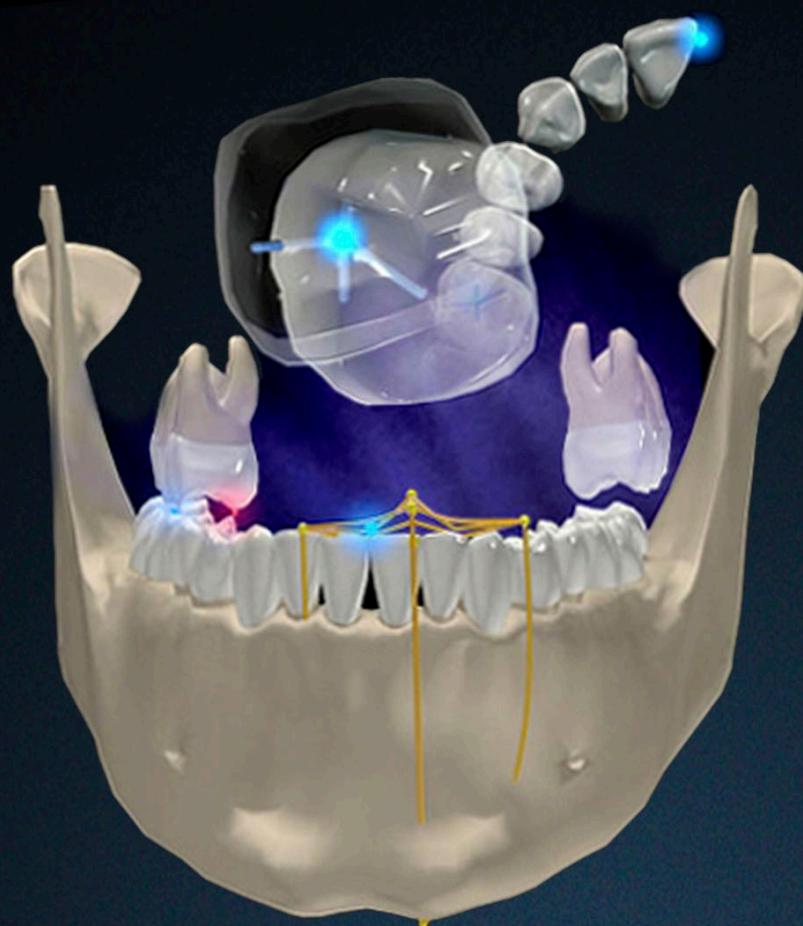


О. В. Калмин

# МОРФОЛОГИЯ ЗУБОВ

Лекции



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пензенский государственный университет» (ПГУ)

---

О. В. Калмин

# Морфология зубов

Сборник лекций

Пенза  
Издательство ПГУ  
2015

УДК 611.314 (075.8)

K17

**Р е ц е н з е н т ы:**

доктор медицинских наук,  
профессор кафедры анатомии человека  
Саратовского государственного медицинского  
университета им. В. И. Разумовского  
*Е. А. Анисимова;*

доктор медицинских наук, профессор,  
заведующий кафедрой анатомии человека  
Ульяновского государственного университета  
*Р. М. Хайруллин*

**Калмин, О. В.**

K17 Морфология зубов : сб. лекций / О. В. Калмин. – Пенза :  
Изд-во ПГУ, 2015. – 116 с.

Работа содержит курс лекций по клинической морфологии зубов, читаемый студентам I–II курсов специальности «Стоматология». Лекции посвящены вопросам общей анатомии зубов и зубочелюстной системы в целом, гистологии тканей зуба и поддерживающего аппарата, развитию зубов и тканей зуба в онтогенезе, возрастным изменениям зубов.

Издание предназначено для обучающихся по основной профессиональной образовательной программе высшего образования – программе специалитета «Стоматология».

**УДК 611.314 (075.8)**

*Рекомендовано к изданию  
методической комиссией Медицинского института  
Пензенского государственного университета  
(протокол № 6 от 12.02.2015)*

© Пензенский государственный  
университет, 2015

## ОБЩИЙ ПЛАН СТРОЕНИЯ ЗУБОВ

Зубы являются твердыми образованиями, располагаются в альвеолах челюстей и принимают участие в первичной механической обработке поступающей в полость рта пищи. В эволюционном отношении зубы представляют собой производное преобразованного в чешую эктодермального эпителия. Чешуя древних рыб, имевшаяся на челюстях, постепенно подвергалась значительному развитию и дала начало зубам. В строении чешуи акул видны важнейшие части зуба – эмаль и дентин, так что можно говорить о гомологии зубов в процессе эволюции от акуловых рыб до человека.

Простейшей формой зубов является коническая. У низших позвоночных конические зубы очень мелкие, но многочисленные (иногда их тысячи). Все они одинаковы по форме (*гомодонтная система*). В процессе эволюции у рептилий зубы приобретают более прочное положение в челюстях, вследствие чего в зубе начинают различать часть, сидящую в ячейках челюсти, – корень и наружную часть – коронку, служащую для механической обработки пищи. При этом имеющее место при наземном существовании разнообразие пищи и развитие жевательного аппарата определяют развитие и специализацию зубов. В результате вместо однообразных конических зубов рыб, служащих лишь для задержки пищи, у млекопитающих появляются различные формы, приспособленные к разным видам захватывания пищи и ее обработки (*гетеродонтная система*), а именно: для разрывания (клыки), резания (резцы), раздробления (премоляры) и растирания (моляры).

Основание зубов у большинства позвоночных фиксировано к подлежащей челюсти с помощью соединительной ткани. На челюстях животных разных классов зубы могут укрепляться различным образом: по наружному краю челюсти (*акродонтные зубы*), внешним зубным краем к внутреннему краю челюсти (*плевродонтные зубы*), в особых ячейках челюстей (*текодонтные зубы*). Последний тип зубов возник у ископаемых рептилий. Зубы у древних низших позвоночных были временными и сменялись наподобие чешуек ороговевающего многослойного плоского эпителия. По мере изнашивания они заменялись новыми (*полифиодонтный тип*). В процессе исторического развития организмов число смен зубов сокращалось,

и у современных млекопитающих, а также у человека происходит только одна смена зубов (*дифидодонтный тип*). В литературе описан случай третьей смены зубов у 100-летнего мужчины.

В течение эволюции предшественников человека у них происходил процесс редукции зубов. Древнейшими редукционными переменами в зубной системе были сокращение размеров клыков и закрытие диастем. Другой этап эволюции зубной системы предчеловека – медиолатеральная редукция моляров и переход главной функциональной роли от II моляра к I. Премоляры уменьшились в размерах и стали менее дифференцированными по форме. В дальнейшем происходило уменьшение размеров зубов. У некоторых видов современных млекопитающих (например, у неполнозубых и китообразных) процесс редукции зубной системы сопровождался полной утратой смены зубов.

Человек, относящийся к всеядным, сохранил все виды зубов. Однако в связи с перенесением хватательной функции с челюстей на руки у него наблюдается уменьшение величины челюсти и числа зубов. Так, у плацентарных млекопитающих число зубов достигает 44 (зубная формула  $3 - 1 - 4 - 3$ ). У широконосовых обезьян Нового Света зубов меньше:  $2 - 1 - 3 - 3 = 36$ , а у узконосовых обезьян Старого Света и человека их еще меньше:  $2 - 1 - 2 - 3 = 32$ , причем у человека наблюдается резкое запаздывание развития III коренного зуба (зуба мудрости), что отражает тенденцию к регрессу зубов.

### Общий план строения зуба

Зубы человека являются составной частью **жевательного-речевого аппарата**, который, по современным воззрениям, представляет собой комплекс взаимодействующих и взаимосвязанных органов, принимающих участие в жевании, дыхании, образовании голоса и речи. В этот комплекс входят:

- 1) твердая опора – лицевой скелет и височно-нижнечелюстной сустав;
- 2) жевательные мышцы;
- 3) органы, предназначенные для захватывания, продвижения пищи и формирования пищевого комка для глотания, а также звуко-речевой аппарат: губы, щеки, небо, зубы, язык;
- 4) органы раздробления и размельчения пищи – зубы;
- 5) органы, служащие для смягчения пищи и ферментативной ее обработки, – слюнные железы полости рта.

Зубы человека принадлежат к гетеродонтной (различные по форме) и текодонтной (укреплены в ячейках челюстей) системам,

к дифидонтному типу (одна смена зубов). Вначале функционируют **молочные** (временные) **зубы**, *dentes decidui*, которые полностью (20 зубов) появляются к двум годам, а затем заменяются **постоянными зубами**, *dentes permanentes* (32 зуба).

Среди постоянных зубов по форме, размерам и функциональным особенностям выделяют четыре группы (формы, класса): резцы, клыки, малые коренные зубы (премоляры) и большие коренные зубы (моляры). Постоянные резцы, клыки и премоляры прорезываются на месте молочных резцов, клыков и моляров и относятся к замещающим зубам. Постоянные моляры прорезываются позади молочных и поэтому называются добавочными.

Каждый **зуб**, *dens*, состоит из **коронки**, *corona dentis*, – утолщенной части, выступающей из челюстной альвеолы; **шейки**, *cervix dentis*, – суженной части, прилежащей к коронке, и **корня**, *radix dentis*, – части зуба, лежащей внутри альвеолы челюсти. Корень оканчивается **верхушкой корня зуба**, *apex radialis dentis*. Разные в функциональном отношении зубы имеют неодинаковое число корней – от 1 до 3.

В стоматологии принято различать **клиническую коронку**, *corona clinica*, под которой понимают не весь участок зуба, выступающий из зубной альвеолы, а только участок, выступающий над десной, а также **клинический корень**, *radix clinica*, – участок зуба, находящийся в альвеоле. Клиническая коронка с возрастом вследствие атрофии десны увеличивается, а клинический корень уменьшается.

Внутри зуба имеется небольшая полость зуба, *cavitas dentis*, форма которой разная в различных зубах. В коронке зуба форма ее полости, *cavitas coronalis*, почти повторяет форму коронки. Далее она продолжается в корень в виде канала корня, *canalis radialis dentis*, который заканчивается на вершущке корня отверстием, *foramen apicis dentis*. В зубах с двумя и тремя корнями имеется соответственно два или три корневых канала и вершущечных отверстия, однако каналы нередко могут ветвиться, раздваиваться и вновь соединяться в один. Стенка полости зуба, прилежащая к его поверхности смыкания, называется сводом. В малых и больших коренных зубах, на поверхности смыкания которых имеются жевательные бугорки, в своде заметны соответствующие углубления, заполненные рогами пульпы. Поверхность полости, от которой начинаются корневые каналы, называется дном полости. В однокорневых зубах дно полости воронкообразно суживается и переходит в канал. В многокорневых зубах дно более плоское и имеет отверстия для каждого корня.



Полость зуба заполнена пульпой зуба, *pulpa dentis*, – особого строения рыхлой соединительной тканью, богатой клеточными элементами, сосудами и нервами. Соответственно частям полости зуба различают пульпу коронки, *pulpa coronalis*, и пульпу корня, *pulpa radicularis*.

Твердую основу зуба составляет **дентин**, *dentinum*, – вещество, сходное по строению с костью. Дентин определяет форму зуба. Образующий коронку дентин покрыт слоем белой зубной **эмали**, *enamelum*, а дентин корня – **цементом**, *cementum*. Место соединения эмали коронки и цемента корня приходится на шейку зуба. Возможны три вида соединения эмали с цементом:

- 1) они соединяются встык;
- 2) перекрывают друг друга (эмаль перекрывает цемент и наоборот);
- 3) эмаль не доходит до края цемента, и между ними остается открытый участок дентина.

Эмаль неповрежденных зубов покрыта прочной, лишенной извести кутикулой эмали, *cuticula enameli*.

Корень зуба прикрепляется к альвеоле челюсти посредством большого количества пучков соединительнотканых волокон. Эти пучки, рыхлая соединительная ткань и клеточные элементы образуют соединительнотканную оболочку зуба, которая находится между альвеолой и цементом и называется **периодонтом**, *periodontium*. Периодонт играет роль внутренней надкостницы. Такого рода прикрепление является одним из видов фиброзного соединения – зубоальвеолярным соединением, *articulatio dentoalveolaris*. Совокупность окружающих зубной корень образований – периодонт, альвеола, соответствующий ей участок альвеолярного отростка и покрывающая его десна – называется **пародонтом**, *parodontium*. Совокупность трех элементов (костная зубная альвеола, периодонт и цемент) обозначается как **поддерживающий аппарат зуба**.

Для удобства описания особенностей рельефа или локализации патологических процессов принято условное обозначение поверхностей коронки зуба. Различают пять таких поверхностей.

1. **Поверхность смыкания**, *facies occlusalis*, обращена к зубам противоположной челюсти. Она имеется у моляров и премоляров. Эти поверхности называются также **жевательными**, *facies masticatoria*. Резцы и клыки на концах, обращенных к антагонистам, имеют **режущий край**, *margo incisalis*.

2. **Вестибулярная (лицевая) поверхность**, *facies vestibularis (facialis)*, ориентирована в преддверие рта. У передних зубов, соприкасающихся с губами, эта поверхность может называться **губной**, *facies labialis*, а у задних, прилегающих к щеке, – **щечной**, *facies buccalis*. Продолжение поверхности зуба на корень обозначается как вестибулярная поверхность корня, а стенка зубной альвеолы, покрывающая корень со стороны преддверия рта, – как вестибулярная стенка альвеолы.

3. **Язычная поверхность**, *facies lingualis*, обращена в полость рта к языку. Для верхних зубов применимо название **небная поверхность**, *facies palatina*. Так же называются поверхности корня и стенки альвеолы, направленные в собственно полость рта.

4. **Контактная поверхность**, *facies contactus*, прилежит к соседнему зубу. Таких поверхностей две: медиальная поверхность, *facies medialis*, обращенная к середине зубной дуги, и дистальная, *facies distalis*. Аналогичные термины используются для обозначения корней зубов и соответствующих частей альвеол.

Распространены также термины, обозначающие направления по отношению к зубу: медиально, дистально, вестибулярно, лингвально, окклюзально и апикально.

Для исследования зуб рассматривается с разных позиций. Положение зуба перед исследователем носит название **нормы зуба**. Выделяют следующие нормы: вестибулярную, язычную, окклюзионную, медиальную (мезиальную) и дистальную. В каждой из норм описывают одноименные поверхности зуба. При описании поверхности зуба дают характеристику рельефа и границ (контуры зуба) этой поверхности.

**Коронку и корень зуба** принято разделять на трети. Так, при делении зуба горизонтальными плоскостями выделяют в коронке *окклюзальную, среднюю и щечную (цервикальную) трети*, а в корне – *щечную (цервикальную), среднюю и верхушечную (апикальную) трети*. Сагиттальными плоскостями коронку разделяют на *медиальную, среднюю и дистальную трети*, а фронтальными плоскостями – на *вестибулярную, среднюю и лингвальную трети*.

Одноименные зубы правой и левой зубной дуг отличаются по своему строению. Существует три признака, по которым можно определить принадлежность зуба к правой или левой зубной дуге:

- 1) признак угла коронки;
- 2) признак кривизны эмали коронки;
- 3) признак корня.



**Признак угла коронки** состоит в том, что в вестибулярной норме угол, образованный поверхностью смыкания и медиальной поверхностью, острее, чем угол между поверхностью смыкания и латеральной поверхностью режущего края. Последний угол несколько закруглен.

**Признак кривизны эмали коронки (признак кривизны коронки)** определяется при рассмотрении зуба со стороны поверхности смыкания (в жевательной норме), при этом медиальная часть эмали коронки на вестибулярной стороне более выпуклая, чем дистальная. Эмаль вестибулярной поверхности коронки утолщается в медиальном направлении и у медиального края имеет более крутой изгиб, чем у дистального. Образуется мезиодистальный скат вестибулярной поверхности коронки.

**Признак корня** определяют в положении зуба в вестибулярной норме. Если провести продольную ось коронки (опустить перпендикуляр от середины режущего края) и продольную ось зуба (от верхушки корня к середине режущего края), то окажется, что ось зуба отклонена латерально. Следовательно, направление отклонения продольной оси зуба указывает сторону принадлежности зуба.

Принадлежность отдельно взятого зуба к верхней или нижней челюсти определяется формой коронки, а также формой и числом корней. Поэтому необходимо знать форму коронки и число корней не только для определенных групп зубов, но и для каждого отдельного зуба данной группы.

Закономерности морфологии зубов, присущие зубочелюстной системе человека в целом, а также различия в строении между классами зубов и зубами в пределах класса объясняют с позиции гипотезы морфогенетических полей. Согласно этой гипотезе, выделяют ряд полей, или областей, воздействия генов, обуславливающих морфологические признаки зубной системы в целом (общие поля) и особенности строения зубов отдельных классов (класс-специфические поля).

Уподобление зуба, расположенного на границе с другим классом, зубам соседнего класса объясняют «наложением» соседних класс-специфических полей. Область наиболее интенсивного проявления воздействия поля называют его полюсом, а зуб, находящийся в полюсе, – ключевым, или стабильным. Ключевой зуб характеризуется наиболее высоким уровнем дифференциации, расположен по мезиальной границе каждого класса и в наименьшей мере подвержен редукции. В эволюции зубной системы человека о редукции свиде-

тельствуют уменьшение размеров и выраженность морфологических признаков зубов. Проявления редукции увеличиваются по мере удаления от ключевого зуба и характерны для вариабельных зубов, расположенных в дистальных отделах каждого класса (группы).

Закономерности формы и строения зубов человека становятся более понятными с учетом выделения структурной единицы зуба – **одонтомера**, который представляет собой гомолог простого конического зуба низших представителей животного царства и включает коронку, корень и полость. Наиболее близок по структуре к одонтомеру однокорневой зуб. На коронке одонтомера с вестибулярной стороны находятся вертикальные валики (как правило, их три). На язычной стороне имеются главный (треугольный) гребешок и краевые гребешки – мезиальный и дистальный, разделенные бороздами. У основания коронки одонтомера располагается пояс. Пояс зуба, с филогенетической точки зрения, является основной репродуктивной зоной, которая дает начало образованию язычного бугорка (у места слияния краевых гребешков).

Типичным по структуре для одонтомера является клык. При редукции главного бугорка форма клыка напоминает резец. При «слиянии» одонтомеров, согласно конкресцентной теории, образуются многобугорковые (многокорневые) зубы. Зная конструкцию одонтомера, легко объяснить макроструктуру многокорневых зубов. Бугорки жевательной поверхности, каждый из которых соответствует острию одного одонтомера (*cuspis dentis*), разделены бороздами первого порядка. Структурные компоненты в пределах одонтомера (треугольный и краевые гребешки) отграничены менее глубокими бороздами второго порядка.

Появление дополнительного одонтомера отражается на форме зуба («моляризация» премоляров при трехбугорковой и трехкорневой их форме, выраженность «системы Карабелли») и сопровождается образованием борозд третьего порядка.

### **Группа резцов**

**Резцы** (*dentes incisivi*) – однокорневые зубы с режущим краем коронки, которые занимают в зубной дуге первую и вторую позиции и предназначены для откусывания (резания) пищи. Резцы занимают переднюю (фронтальную) часть зубной дуги. У человека восемь постоянных резцов: медиальный (центральный) и латеральный (боковой) резцы верхней челюсти (правые, левые); медиальный (центральный) и латеральный (боковой) резцы нижней челюсти (правые, левые).

Общим в анатомии резцов является наличие уплощенной в вестибулярно-язычном направлении коронки с режущим краем окклюзионного контура, а также наличие одиночного корня. Резцы верхней челюсти крупнее нижних. Самым крупным является верхний медиальный резец, наименьший – нижний медиальный резец. У резцов выражены все основные признаки латерализации. Исключение составляет медиальный резец нижней челюсти, у которого признак угла коронки не информативен.

Важным в описательной характеристике резцов является различие в степени кривизны эмалево-цементной границы в медиальной и дистальной норме. В медиальной норме выпуклость эмалево-цементной границы в сторону режущего края коронки больше, чем в дистальной норме. Это можно использовать в качестве дополнительного признака латерализации резцов.

### **Группа клыков**

**Клыки** (*dentes canini*) – однокорневые зубы с острым «рвущим бугром» окклюзионного контура, расположены в зубной дуге между резцами и премолярами (третья позиция) и предназначены для разрывания пищи. У человека четыре постоянных клыка: клыки верхней челюсти (правый, левый) и клыки нижней челюсти (правый, левый).

Общим в анатомии клыков является наличие заостренной со всех поверхностей конусовидной коронки, а также наличие наиболее длинного одиночного корня. Клык верхней челюсти крупнее клыка нижней челюсти. У клыков выражены все основные признаки латерализации.

### **Группа малых коренных зубов (премоляров)**

Малые коренные зубы (*dentes premolares*) – зубы с двухбугорковой окклюзионной поверхностью, расположенные в зубной дуге перед молярами (четвертая и пятая позиции) и предназначенные для раздавливания и раздробления пищи. Премоляры занимают среднюю часть каждой половины зубной дуги и ориентированы в плоскости, близкой к сагиттальной. У человека восемь премоляров: первый и второй премоляры верхней челюсти (правые, левые); первый и второй премоляры нижней челюсти (правые, левые).

Общим в анатомии малых коренных зубов является наличие окклюзионной поверхности с двумя бугорками – вестибулярным и язычным. У премоляров, как правило, корень одиночный, за исключением первого премоляра верхней челюсти, у которого корень

раздвоен. Верхние премоляры крупнее нижних. Наиболее крупный – первый премоляр верхней челюсти, наименьший – первый премоляр нижней челюсти. У верхних премоляров жевательная поверхность коронки овоидной формы, у нижних – округлой.

Признак угла коронки определяется у премоляров нижней челюсти и не убедителен у верхних премоляров. Признак кривизны коронки определяется только у первого премоляра нижней челюсти, у второго премоляра нижней челюсти он не убедителен, у верхних премоляров – «обратный». Признак положения корня выражен у первого премоляра нижней челюсти, не убедителен у второго премоляра нижней челюсти и не информативен у премоляров верхней челюсти.

### **Группа больших коренных зубов (моляров)**

Большие коренные зубы (*dentes molares*) – зубы, с многобугорковой жевательной поверхностью и несколькими корнями. Моляры расположены в дистальных отделах зубной дуги, ориентируясь в ней сагиттально и занимая шестую, седьмую и восьмую позиции. Моляры являются самыми мощными зубами и предназначены для разжевывания (перемалывания, растирания) пищи. У человека 12 моляров: первый, второй, третий моляры верхней челюсти (правые, левые); первый, второй, третий моляры нижней челюсти (правые, левые).

Общим в анатомии моляров является многобугорковая жевательная поверхность коронки и наличие нескольких корней. На молярах различаются следующие бугорки: на верхней челюсти – *протоконус*, *параконус*, *гипоконус*, *метаконус*; на нижней челюсти – *протоконид*, *гипоконид*, *метаконид*, *энтоконид*, *гипоконулид*. Гипоконулид на II и III молярах часто отсутствует, иногда недоразвивается и гипоконид. То же относится и к бугоркам верхней челюсти. У верхних моляров три корня: два вестибулярных и один язычный. У нижних моляров два корня: мезиальный и дистальный. Первые моляры являются самыми крупными из всех зубов. Третьи моляры – наиболее вариабельные по размерам и форме.

Признаки латерализации у моляров убедительны (исключение составляют третьи моляры). У зубов с несколькими корнями признак положения корня оценивается по мезиальному корню.

### **Временные (молочные) зубы**

Анатомическое строение временных зубов в основном идентично строению постоянных. Отличительными особенностями вре-

менных зубов являются: меньший размер зубов, преобладание ширины коронки над ее высотой, утолщение эмали в области шейки зуба, голубоватый оттенок эмали, короткие и широко расставленные корни. У временных зубов отсутствует группа премоляров. В альвеолярной дуге молочные зубы расположены более вертикально в результате того, что позади их корней находятся зачатки постоянных зубов.

Коронки временных резцов верхней и нижней челюстей похожи на коронки одноименных постоянных зубов. Губная поверхность их выпукла, у центральных резцов верхней челюсти отсутствуют продольные бороздки, которые хорошо выражены у постоянных центральных резцов. У всех резцов в значительной степени закруглен латеральный угол. Корни зубов тонкие, округлой формы, у центральных резцов верхней челюсти слегка сдавлены с боков. На боковых поверхностях корней имеются продольные бороздки. Хорошо выражены все анатомические признаки зубов.

Временные клыки, за исключением размера, напоминают строение клыков постоянного прикуса.

Временные моляры верхней челюсти, также как и постоянные, имеют три корня – два щечных и один язычный. Однако корни временных моляров, по сравнению с корнями постоянных зубов, расходятся в стороны в большей степени, так как между ними расположены зачатки постоянных зубов (премоляры).

### **Соотношение корней зубов с носовой полостью, верхнечелюстной пазухой и нижнечелюстным каналом**

Корни зубов верхнего зубного ряда иногда определенным образом связаны с носовой полостью и верхнечелюстной пазухой. Знание деталей этих соотношений очень важно для стоматолога, так как при резекции верхушки корня могут быть вскрыты указанные соседние образования. При очень близком прилегании к перечисленным полостям возможен прорыв гнойников при воспалительных процессах в области верхушек корней. *Корни верхних медиальных резцов* могут по-разному располагаться по отношению к дну носовой полости. У людей с брахицефалической формой головы, широким лицом (хамепрозопы) и небольшой высотой альвеолярного отростка корень медиального верхнего резца очень близко подходит к губчатому слою костного неба и дну носовой полости, отделяясь от нее только тонким слоем кости. У длинноголовых людей с узким

лицом (лептопрозопы) и высоким альвеолярным отростком верхушка корня находится в отдалении от носовой полости (до 10 мм).

*Корни латеральных верхних резцов* обычно небольших размеров и, как правило, не подходят близко к носовой полости. Корни обоих резцов, особенно латерального, со стороны преддверия полости рта покрыты очень тонким слоем кости, образующей зубные альвеолы.

*Верхушки корней верхних клыков* при плоском небе у людей с широким лицом нередко достигают уровня дна носовой полости вблизи носовой вырезки. В редких случаях при широкой носовой полости и низком распространении альвеолярной бухты верхнечелюстной пазухи верхушка верхнего клыка подходит к ее дну.

*Корни малых и больших верхних коренных зубов* могут иметь тесные топографо-анатомические соотношения с верхнечелюстной пазухой. *Первый премоляр* только при сильном развитии пазухи может очень близко подходить к нижней ее стенке. *Второй премоляр* при значительном развитии альвеолярной бухты верхнечелюстной пазухи нередко отделяется от полости пазухи тонким слоем кости (2–3 мм). Редко при большой пазухе и наличии ее небной бухты дно альвеолы II премоляра может находиться в полости бухты, причем верхушка корня отделена от полости только слизистой оболочкой.

Для корней больших коренных зубов возможны три формы соотношения с верхнечелюстной пазухой:

1) при узком лице и небольшой пазухе корни как премоляров, так и моляров отстоят от дна полости довольно далеко;

2) при большой пазухе корни I и II моляров, а иногда II премоляра и III моляра отделены от верхнечелюстной пазухи слизистой оболочкой и тонкой костной пластинкой;

3) в редких случаях при особенно глубокой альвеолярной бухте верхнечелюстной пазухи верхушки корней II или III моляра выступают в полость и отделены от нее только слизистой оболочкой, которая их покрывает.

Верхушки корней I нижнего премоляра при короткой челюсти очень близко подходят к нижнечелюстному каналу, при этом они проецируются ниже челюстно-подъязычной линии. Вплотную к стенке нижнечелюстного канала могут подходить II и III нижние моляры.

### **Кровоснабжение и иннервация зубов**

Кровоснабжение зубов осуществляется ветвями верхнечелюстной артерии (*a. maxillaris*). На **верхней челюсти** к группе передних зубов подходят передние (*aa. alveolares superiores anteriores* (из *a. infraorbitalis*)), а к задним зубам – задние верхние альвеоляр-

ные артерии (*aa. alveolares superiores posteriores*). От альвеолярных артерий отходят более мелкие ветви: зубные (*rr. dentales*) – к зубам, десневые (*rr. gingivales*) и межальвеолярные (*rr. interalveolares*) – к деснам и стенкам зубных альвеол.

К зубам **нижней челюсти** от верхнечелюстной артерии идет нижняя альвеолярная артерия (*a. alveolaris inferior*). Она проходит в нижнечелюстном канале, где отдает зубные ветви (*rr. dentales*) к зубам, околозубные (*rr. paradentales*) – к деснам и стенкам зубных альвеол. Зубная артерия входит в канал корня зуба через отверстие верхушки зуба и ветвится в пульпе зуба. Сопровождающие артерии одноименные вены осуществляют отток крови от зубов в крыловидное венозное сплетение.

Отводящие лимфатические сосуды, формирующиеся из лимфатических капилляров пульпы, десны и зубной альвеолы, в основном сопровождают артерии. Отток лимфы от зубов верхней челюсти происходит в поднижнечелюстные, околоушные и затылочные лимфатические узлы (*nodi lymphatici submandibulares, parotidei et occipitales*). От зубов нижней челюсти отводящие лимфатические сосуды следуют в поднижнечелюстные лимфатические узлы (*nodi lymphatici submandibulares*), от клыков и резцов – в подбородочные (*nodi lymphatici submentales*).

Зубы иннервируются ветвями тройничного нерва (*n. trigeminus*) и ветвями, отходящими от вегетативных узлов. К зубам верхней челюсти подходят верхние альвеолярные нервы (*nn. alveolares superiores*): к передним зубам (резцы и клыки) – передние верхние альвеолярные ветви (*nn. alveolares superiores anteriores*), к премолярам – средняя верхняя альвеолярная ветвь (*n. alveolaris superior medius*), к молярам – задние верхние альвеолярные ветви (*nn. alveolares superiores posteriores*). Все ветви верхних альвеолярных нервов образуют **верхнее зубное сплетение** (*plexus dentalis superior*), от которого отходят верхние зубные ветви (*rr. dentales superiores*) к зубам и верхние десневые ветви (*rr. gingivales superiores*) – к деснам и стенкам зубных альвеол.

Зубы нижней челюсти иннервируются нижним альвеолярным нервом (*n. alveolaris inferior*), ветви которого образуют **нижнее зубное сплетение** (*plexus dentalis inferior*). Зубное сплетение в свою очередь отдает нижние зубные ветви (*rr. dentales inferiores*) к зубам и нижние десневые ветви (*rr. gingivales inferiores*) – к деснам и стенкам зубных альвеол. Вместе с сосудами зубные нервы проходят через отверстие верхушки зуба в полость зуба и разветвляются в тканях зуба.



# ЗУБОЧЕЛЮСТНАЯ СИСТЕМА В ЦЕЛОМ

## Зубная формула

Порядок расположения зубов фиксируется в виде зубной формулы, в которой отдельные зубы или их группы записываются цифрами или буквами и цифрами.

**Полная формула** зубов построена таким образом, что в ней записывают зубы каждой половины челюстей *арабскими порядковыми цифрами*. Эта формула для взрослого выглядит следующим образом:

$$\begin{array}{c|c} 8 & 7 & 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & | & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ \hline 8 & 7 & 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & | & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array}$$

Порядок записи зубов в этой формуле такой, как будто бы записывающий осматривает зубы сидящего перед ним человека, отчего данная формула называется *клинической*. Клиницисты при обследовании больных отмечают отсутствующие зубы и обводят кружком номера зубов, требующих лечения. Если все зубы в ряду сохранены, такой ряд называется *полным*.

Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) принята полная клиническая зубная формула в другом виде:

$$\begin{array}{c|c} 18 & 17 & 16 & 15 & 14 & 13 & 12 & 11 & | & 21 & 22 & 23 & 24 & 25 & 26 & 27 & 28 \\ \hline 48 & 47 & 46 & 45 & 44 & 43 & 42 & 41 & | & 31 & 32 & 33 & 34 & 35 & 36 & 37 & 38 \end{array}$$

Молочные зубы в полной формуле обозначают *римскими цифрами*:

$$\begin{array}{c|c} V & IV & III & II & I & | & I & II & III & IV & V \\ \hline V & IV & III & II & I & | & I & II & III & IV & V \end{array}$$

По классификации ВОЗ полную клиническую зубную формулу для молочных зубных рядов записывают так:

$$\begin{array}{c|c} 55 & 54 & 53 & 52 & 51 & | & 61 & 62 & 63 & 64 & 65 \\ \hline 85 & 84 & 83 & 82 & 81 & | & 71 & 72 & 73 & 74 & 75 \end{array}$$

Существуют **групповые зубные формулы**, отражающие количество зубов в каждой группе по половинам челюсти, что может быть использовано в анатомических исследованиях (например,

в сравнительно-анатомических). Такая формула называется *анатомической*. Групповые зубные формулы взрослого человека и ребенка с молочными зубами выглядят следующим образом:

у взрослого –

$$\begin{array}{c|c} 3 & 2 & 1 & 2 & 2 & 1 & 2 & 3 \\ \hline 3 & 2 & 1 & 2 & 2 & 1 & 2 & 3 \end{array}$$

у ребенка –

$$\begin{array}{c|c} 2 & 0 & 1 & 2 & 2 & 1 & 0 & 2 \\ \hline 2 & 0 & 1 & 2 & 2 & 1 & 0 & 2 \end{array}$$

Такая групповая формула зубов обозначает, что в каждой половине верхней и нижней челюстей (или половине зубных рядов) имеются 2 резца, 1 клык, 2 премоляра, 3 моляра. Так как обе половины зубных дуг симметричны, можно писать одну половину или четверть формулы.

Групповая зубная формула может быть записана с использованием начальных букв латинских наименований зубов (I – резцы, C – клыки, P – премоляры, M – моляры). Постоянные зубы обозначают *прописными*, молочные – *строчными* буквами.

Формулы зубов имеют следующий вид:

у взрослых:

$$\begin{array}{c|c} I_2 C_1 P_2 M_3 \\ \hline I_2 C_1 P_2 M_3 \end{array}$$

у детей с молочными зубами:

$$\begin{array}{c|c} i_2 c_1 m_2 \\ \hline i_2 c_1 m_2 \end{array}$$

Буквами и цифрами можно записать полную формулу зубов:

$$\begin{array}{c|c} M_3 & M_2 & M_1 & P_2 & P_1 & C & I_2 & I_1 & I_1 & I_2 & C & P_1 & P_2 & M_1 & M_2 & M_3 \\ \hline M_3 & M_2 & M_1 & P_2 & P_1 & C & I_2 & I_1 & I_1 & I_2 & C & P_1 & P_2 & M_1 & M_2 & M_3 \end{array}$$

Использовать такую буквенно-цифровую формулу удобно при обследовании детей с молочными зубами, у которых частично про-

резались постоянные зубы. Например, полная формула зубов у десятилетнего ребенка может быть следующей:

$$\frac{m_2 \ M_1 \ P_1 \ c \ I_2 \ I_1}{m_2 \ M_1 \ P_1 \ c \ I_2 \ I_1} \Bigg| \frac{I_1 \ I_2 \ c \ P_1 \ M_1 \ m_2}{I_1 \ I_2 \ c \ P_1 \ M_1 \ m_2}$$

## Зубочелюстные сегменты

Зубы находятся в окружении различных анатомических образований. Они образуют на челюстях метамерные зубные ряды, поэтому участок челюсти с принадлежащим ему зубом обозначают как **зубочелюстной сегмент**. Выделяют зубочелюстные сегменты верхней челюсти, *segmenta dentomaxillares*, и нижней челюсти, *segmenta dentomandibulares*.

В зубочелюстной сегмент входят:

- 1) зуб;
- 2) зубная альвеола и прилежащая к ней часть челюсти, покрытая слизистой оболочкой;
- 3) связочный аппарат, фиксирующий зуб к альвеоле;
- 4) сосуды и нервы.

Другими словами, зубочелюстной сегмент объединяет участок челюсти и зуб с периодонтом.

Выделяют сегменты I и II резцов, клыка; I и II премоляров; I, II и III моляров. Границей между сегментами является плоскость, проведенная через середину межальвеолярной перегородки.

Зубочелюстные сегменты верхней и нижней челюстей включают различные компоненты. Так, в состав резцовых сегментов верхней челюсти входят альвеолярный и небный отростки. В зубочелюстных сегментах премоляров и моляров заключаются отростки верхней челюсти с находящейся в них нижней стенкой верхнечелюстной пазухи.

Основу каждого из сегментов составляет альвеолярный отросток (для верхней челюсти) или альвеолярная часть (для нижней челюсти). Сечение верхних резцовых сегментов в сагиттальной плоскости близко к треугольнику. В области премоляро- и моляро-челюстных сегментов оно трапециевидное или приближается к прямоугольнику. Наружная и внутренняя стенки альвеол состоят из тонкого слоя компактного вещества, между ними находится губчатое вещество, в альвеоле лежит корень зуба с периодонтом. Наруж-

ная стенка альвеолы тоньше внутренней, особенно в области резцовых и клыковых сегментов. Небный отросток верхней челюсти в резцово-клыковых сегментах состоит из верхней и нижней пластинок компактного вещества и прослойки губчатого вещества между ними, а на уровне молярочелюстных сегментов – только из компактного вещества или компактного и незначительного количества губчатого вещества. Костные балки губчатого вещества расположены в основном по высоте челюсти.

Форма сечения резцовых сегментов нижней челюсти в сагитальной плоскости близка к треугольнику, основание которого обращено вниз. В области моляров сечения сегментов имеют форму треугольника с основанием, обращенным вверх. Форма премолярочелюстных сегментов приближается к овальной. Толщина компактного вещества альвеолярной части нижней челюсти и альвеол индивидуально различна как в разных сегментах, так и в пределах каждого из них. Компактное вещество наружной стенки альвеолы имеет наибольшую толщину в области молярочелюстных сегментов, наименьшую – в области подбородочного отверстия. Толщина компактного вещества внутренней стенки альвеолы наибольшая в области клыковых сегментов, наименьшая – в области молярочелюстных. Губчатое вещество нижней челюсти в ее альвеолярной части состоит из прямых балок, расположенных вертикально.

### **Зубочелюстные сегменты верхней челюсти**

**Резцовочелюстные сегменты.** Высота альвеолярного отростка в резцовых сегментах – 12,0–15,5 мм. В состав II резцового сегмента входит часть лобного отростка. Толщина наружной пластинки компактного вещества у шейки зуба составляет 0,35–0,65 мм, на уровне корня – 0,35–0,80 мм, а внутреннего – 0,50–1,25 мм. Губчатое вещество толщиной 0,15–2,30 мм состоит из длинных костных балок, которые направляются в небный, а также в лобный отростки. Ячейки овальные, ориентированы по ходу балок. Толщина компактного вещества стенки альвеолы – 0,15–0,60 мм. Периодонтальная щель у вершины корня достигает 0,4 мм, а у шейки зуба – 0,2 мм. Толщина десны с вестибулярной стороны – 0,5–0,9 мм, с оральной – 0,9–1,8 мм. Глубина десневой борозды – 0,1–0,2 мм.

**Клыковочелюстные сегменты.** Высота альвеолярного отростка в зоне клыковых сегментов составляет 15,9–20,5 мм. Внезубную часть сегмента образуют тело челюсти, лобный и альвеолярный отростки. Толщина компактного вещества альвеолярного отростка

на вестибулярной поверхности у шейки – 0,3–0,7 мм, у середины корня – 0,7–1,2 мм, на оральной – соответственно 0,4–0,8 и 0,8–1,4 мм, губчатого вещества на уровне середины корня – 1,5–3,0 мм. Толщина компактной пластинки альвеолы – 0,2–0,4 мм. К этому сегменту может прилегать верхнечелюстная пазуха. Ширина периодонтальной щели – до 0,5 мм, толщина десны – до 2,5 мм, глубина десневой борозды – до 0,5 мм.

**Премолярочелюстные сегменты.** Форма альвеолярного отростка близка к прямоугольнику, более вытянутому у людей с высокой и узкой верхней челюстью. Высота альвеолярного отростка I премолярочелюстного сегмента составляет 12,5–16,5 мм, II – 13,5–17,0 мм. У людей с короткой и широкой верхней челюстью в этот сегмент может входить дно верхнечелюстной пазухи. При узкой верхней челюсти на уровне этих сегментов верхнечелюстная пазуха отсутствует. Толщина наружной и внутренней пластинок компактного вещества альвеолярного отростка – около 1 мм. Балки губчатого вещества при этой форме челюсти направляются от верхушки альвеолы щечного корня (на уровне I премоляра) в переднюю и медиальную стенки верхнечелюстной пазухи и к ее дну. От альвеолы небного корня балки идут в толщу небного отростка. Ширина периодонтальной щели у верхушки корней – 0,35–1,25 мм, глубина десневой борозды – 0,3–0,9 мм.

**Молярочелюстные сегменты.** В сегменты I, II и III обычно входит нижняя стенка верхнечелюстной пазухи. Альвеолярный отросток этих сегментов и верхнечелюстная пазуха при высокой и узкой челюсти вытянуты по высоте, стенки пазухи расположены почти вертикально. Высота I сегмента – 13,0–14,6 мм, II – 14,2–15,9 мм, III – 11–15 мм. Костные балки длинные, расположены вертикально и продолжают в небный и скуловой отростки. Толщина пластинок компактного вещества альвеолярного отростка – до 3 мм, губчатого вещества на уровне середины небного корня – 4,5–7,5 мм. Ширина периодонтальной щели у шейки зуба – 0,30–0,35 мм, на верхушке корня зуба – 0,25–0,55 мм, толщина десны на оральной поверхности – 1,5–7,0 мм, на вестибулярной – 1,2–4,0 мм; глубина десневой борозды – 0,6–2,0 мм.

### **Зубочелюстные сегменты нижней челюсти**

**Резцовочелюстные сегменты.** Форма сегментов треугольная, высота альвеолярной части челюсти в зоне I сегмента колеблется от 12,51 до 16 мм, а во II сегменте – 13–15 мм. Толщина пластинок

компактного вещества альвеолярной части челюсти на вестибулярной поверхности – 0,4–0,6 мм, а на оральной – 0,6–1,3 мм, на внутренней поверхности альвеолы – 0,1–0,4 мм; толщина межальвеолярной перегородки – 0,2–3,0 мм. Ширина периодонтальной щели у шейки – 0,20–0,25 мм, у верхушки корня – 0,35–0,45 мм, толщина десны на вестибулярной поверхности – 0,5–1,0 мм, на оральной – 0,90–1,85 мм; глубина десневой борозды – 0,10–0,25 мм.

**Клыковочелюстные сегменты.** Форма сегмента треугольная. Высота альвеолярной части челюсти – 15–17 мм, толщина пластинок компактного вещества на вестибулярной поверхности сегмента составляет 0,5–1,2 мм, на оральной – 0,50–1,35 мм, губчатого вещества – 0,2–3,0 мм, компактного слоя альвеолы – 0,2–0,4 мм. Ширина периодонтальной щели у верхушки корня – 0,4–0,5 мм, у шейки зуба – 0,2–0,3 мм. Толщина десны на вестибулярной поверхности – до 3,8 мм, на оральной – до 6 мм. Глубина десневой борозды чаще составляет 0,1–0,5 мм.

**Премолярочелюстные сегменты.** На разрезе эти сегменты имеют прямоугольную форму. Высота альвеолярной части I сегмента составляет 13,6–17,0 мм, II – 14,5–17,5 мм. Толщина пластинок компактного вещества на вестибулярной поверхности – 0,3–1,3 мм, на оральной – 0,5–1,5 мм, губчатого вещества – до 4 мм, компактного слоя альвеолы – 0,05–0,25 мм. Ширина периодонтальной щели у верхушки корня зуба – 0,3–0,5 мм, у шейки зуба – 0,25–0,30 мм. Толщина десны – чаще всего 6,0–6,5 мм на оральной поверхности и 3,5–5,5 мм – на вестибулярной; глубина десневой борозды – до 2 мм.

**Молярочелюстные сегменты.** Форма сегмента прямоугольная. Высота альвеолярной части составляет 14,0–16,7 мм в I сегменте, 12,0–15,5 мм – во II и 10,5–11,0 мм – в III сегменте. Толщина пластинок компактного вещества на оральной поверхности – до 3,5 мм, на вестибулярной – до 4,5 мм, альвеолы – до 3 мм. Ширина периодонтальной щели у верхушки корня зуба – 0,25–0,55 мм, толщина десны – до 6 мм.

### **Зубочелюстная система в целом**

Зубы, расположенные в челюстях, образуют **зубные дуги**. Под зубной дугой в стоматологии понимают линию, проведенную через вестибулярные края жевательных поверхностей и режущие края коронок. Верхний ряд постоянных зубов образует верхнюю зубную дугу, *arcus dentalis superior*, имеющую чаще форму параболы.

лы, незавершенного эллипса, реже приближающуюся к U-образной форме, а нижний – нижнюю зубную дугу, *arcus dentalis inferior*, близкую к гиперболе. Верхняя зубная дуга несколько шире нижней, вследствие чего жевательные поверхности верхних зубов находятся впереди и снаружи от соответствующих нижних. Обе зубные дуги содержат у взрослых людей по 16 зубов: четыре резца, два клыка, четыре малых коренных зуба, или премоляра, и шесть больших коренных зубов, или моляров.

Кроме зубных дуг, в стоматологии выделяют **альвеолярную дугу** – линию, проведенную по гребню альвеолярного отростка (альвеолярной части), и **базальную дугу** – линию, проведенную через верхушки корней. В норме на верхней челюсти зубная дуга шире альвеолярной, которая в свою очередь шире базальной. На нижней челюсти самой широкой является базальная дуга и самой узкой – зубная дуга. Формы дуг имеют индивидуальные различия, что и обуславливает особенности положения зубов и прикуса.

Зубные дуги в целом образуют функциональную систему, единство и устойчивость которой обеспечиваются альвеолярными отростками, пародонтом и периодонтом, фиксирующим зубы, а также порядком расположения зубов в смысле ориентации их коронок и корней.

Соседние зубы имеют **контактные пункты**, расположенные на выпуклых участках вблизи режущих поверхностей. Благодаря наличию межзубных контактов давление при жевании распределяется на соседние зубы, и таким образом уменьшается нагрузка на отдельные корни. По мере функционирования контактные пункты вследствие стирания эмали увеличиваются, что связано с физиологической подвижностью зубов. При стирании контактных пунктов происходит постепенное укорочение зубной дуги. Коронки коренных зубов нижнего зубного ряда наклонены внутрь и вперед, а корни – снаружи и дистально, что обеспечивает устойчивость зубного ряда и предупреждает его сдвиг назад. Устойчивость верхнего зубного ряда достигается преимущественно увеличением количества корней.

Поверхность, образуемая жевательными поверхностями коренных и режущими краями передних зубов, называется окклюзионной поверхностью. В процессе функциональной приспособляемости она приобретает дугообразное искривление с выпуклостью дуги в сторону нижней челюсти. Линия, проведенная через окклюзионную поверхность, называется **сагиттальной окклюзионной линией**. Функциональное перемещение нижней челюсти жевательными мышцами обозначается термином «**артикуляция**».

Зубы верхней и нижней зубных дуг при смыкании челюстей находятся между собой в определенных соотношениях. Так, бугоркам моляров и премоляров одной челюсти соответствуют углубления на одноименных зубах другой челюсти. В определенном порядке соприкасаются один с другим противоположные резцы и клыки. Соприкасающиеся зубы верхней и нижней челюстей называют **зубами-антагонистами**. Как правило, каждый зуб имеет по два антагониста – главный и добавочный. Исключение составляют медиальный нижний резец и III верхний моляр, имеющие обычно по одному антагонисту. Одноименные зубы правой и левой сторон называются **антимерами**.

### **Окклюзия**

Положение зубных рядов в стадии их смыкания называют **окклюзией**. Возможны четыре основных вида окклюзии: центральная, передняя и две боковые – правая и левая.

**Центральная окклюзия** образуется при срединном смыкании зубных рядов и физиологическом контакте зубов-антагонистов. В этом случае наблюдаются наиболее полный бугорково-фиссурный контакт зубов-антагонистов, симметричное сокращение жевательных мышц, а головка нижней челюсти находится на середине заднего ската суставного бугорка.

При **передней окклюзии** отмечается срединное смыкание зубных рядов, но нижний зубной ряд выдвинут.

**Боковая окклюзия** характеризуется сдвигом нижней челюсти влево (левая окклюзия) или вправо (правая окклюзия).

### **Прикусы**

Положение зубных дуг в центральной окклюзии называется **прикусом**. Различают физиологический и патологический прикусы. При физиологическом прикусе жевание, речь и форма лица не нарушены, при патологическом прикусе отмечаются те или иные нарушения.

У новорожденных и в грудном возрасте до прорезывания зубов различают три типа соотношений альвеолярных дуг:

- 1) альвеолярные дуги находятся на одном уровне (70 %);
- 2) альвеолярный край нижней челюсти отодвинут назад (27 %);
- 3) альвеолярный край нижней челюсти сильно смещен назад (3 %).

**Молочный прикус** имеется в возрасте 6 месяцев – 6–7 лет; он характеризуется тем, что дистальные поверхности верхних и нижних



последних моляров расположены в одной фронтальной плоскости. У первых моляров поверхности смыкания соответствуют друг другу до тех пор, пока сохраняются молочные зубы.

**Постоянный прикус** формируется к 12–14 годам. Для него характерно смещение первого нижнего моляра кпереди по отношению к верхнему; медиальный вестибулярный бугорок I нижнего моляра располагается впереди верхнего первого моляра и контактирует с верхним вторым премоляром. По первым молярам как бы равняются остальные зубы. Поэтому соотношение верхних и нижних первых моляров называют ключом зубной системы.

Выделяют четыре вида физиологического прикуса: ортогнатия, физиологическая прогения, бипрогнатия и прямой прикус.

1. **Ортогнатия** – нижние передние зубы своими режущими краями контактируют с площадкой зубного бугорка верхних зубов. Верхние передние зубы перекрывают нижние на одну треть их вертикального размера. Это происходит оттого, что верхняя зубная дуга несколько больше нижней и, кроме того, верхние зубы направлены в сторону губ, а нижние – в сторону языка. Щечные бугры верхних премоляров и моляров как бы накрывают одноименные зубы нижней челюсти, бугры которых находятся в продольных бороздах верхних. Передний щечный бугор первого верхнего моляра располагается в бороздке между щечными буграми одноименного зуба нижней челюсти. Антагонистами каждого зуба верхней челюсти являются одноименный зуб нижней челюсти и позади стоящий зуб (часть его окклюзионной поверхности). Каждый зуб нижней челюсти смыкается с одноименным и впереди стоящим зубом верхней челюсти. Бугры, контактирующие с окклюзионной поверхностью антагониста, при положении нижней челюсти в центральной окклюзии называются опорными (щечные бугры зубов нижней челюсти и небные бугры зубов верхней челюсти). Другие бугры – щечные у зубов верхней челюсти и язычные у зубов нижней челюсти – именуются направляющими.

2. **Физиологическая прогения** – характеризуется умеренным выстоянием зубного ряда нижней челюсти.

3. **Бипрогнатия** – типичен наклон вперед верхних и нижних зубов с перекрытием нижних верхними.

4. **Прямой прикус** – характерно краевое смыкание резцов и одноименных бугров верхних и нижних боковых зубов.

Выделяют следующие патологические прикусы:

1. **Прикус глубокий** (син.: *стегодонтия*) – является разновидностью вертикальных аномалий прикуса. В норме фронтальные зу-

бы одной челюсти должны перекрывать одноименные зубы другой не более чем на  $\frac{1}{3}$  величины коронки зуба. У большинства людей верхние зубы перекрывают нижние. При большей величине перекрытия можно говорить о глубоком перекрытии. Нарастание степени перекрытия приводит к нарастанию блокирования нижней челюсти, а значит, к постепенному снижению жевательной функции. На определенном этапе фронтальные зубы теряют контакт, нижние зубы травмируют слизистую оболочку переднего отдела твердого неба, возникает **травмирующий глубокий прикус**. Весь этот процесс сопровождается развитием дисфункции височно-нижнечелюстных суставов, проявляющейся болями, хрустом, щелканьем в суставах, лицевыми болями, болями в мышцах, понижением слуха, головной болью, головокружением, парестезиями и сухостью во рту. Все это происходит вследствие давления смещенных дистально и вверх суставных головок на неприспособленные к таким нагрузкам участки суставной ямки, ущемления суставного диска, сдавления кровеносных сосудов и нервов в области глазеровой щели.

**2. Прикус открытый** (син.: *хиатодонтия*) – одна из разновидностей вертикальных аномалий прикуса. При этом имеется вертикальная щель между зубами при смыкании зубных рядов в центральной окклюзии. В литературе широкое распространение получило подразделение открытого прикуса на травматический (вследствие вредных привычек) и истинный (рахитический) прикус. Различают одно- и двусторонний, симметричный и асимметричный открытый прикус. При открытом прикусе довольно часто наблюдается гипоплазия эмали зубов.

**3. Прикус перекрестный** (син.: *прикус латеральный*) – это трансверзальная аномалия взаимоотношения зубных рядов, при которой щечные бугры верхних боковых зубов укладываются в продольные бороздки нижних или проскальзывают мимо них с язычной стороны, т.е. нарушено смыкание зубных рядов в поперечном направлении. Имеется много разнообразных классификаций перекрестного прикуса, например, такие определения: косой, вестибулоокклюзия, буккоокклюзия, лингвоокклюзия, латеральный, буккальный, суставной перекрестный прикус, боковой принужденный прикус, латерогнатия, латерогения, латеродевиация, латероверсия, латеродисгнатия, латеродискинезия, латеропозиция.

**4. Прикус мезиальный** (син.: *прогения патологическая*) – характеризуется несоответствием зубных рядов за счет выстояния нижних зубов или мезиального смещения нижней челюсти (перед-

ним положением нижней челюсти по отношению к верхней). Он может быть частичным или полным; челюстным, скелетным или зубным; со смещением нижней челюсти или без него. Одним из отличительных признаков мезиального прикуса является выступающий подбородок.

**5. Прикус дистальный** (син.: *прогнатия патологическая*) – характеризуется несоответствием соотношения зубных рядов за счет выстояния верхних зубов или дистального смещения нижней челюсти. Дистальный прикус может быть частичным или общим; челюстным, скелетным или зубным; со смещением нижней челюсти или без него.

## РАЗВИТИЕ ЗУБОВ

Формирование зубов начинается со второй половины второго месяца эмбрионального развития. По современным представлениям, в образовании зуба участвует главным образом наружный зародышевый листок – эктодерма. За счет ротовой эктодермы развиваются эмаль и кутикула зуба. Эктомезенхима головного отдела нервного гребешка идет на построение дентина, пульпы, цемента и периодонта.

Зубы человека появляются в виде двух генераций: молочных (*dentes decidui*) и постоянных (*dentes permanentes*) зубов. В связи с этим различают два зубообразовательных процесса, или **дентиции**. При первой дентиции образуется 20 молочных зубов. Эти зубы при второй дентиции замещаются 20 постоянными зубами и 12 новыми (добавочными) постоянными зубами, не имеющими предшественников в системе молочных зубов.

В развитии молочных и постоянных зубов различают три стадии, нерезко отграниченные друг от друга:

- 1) стадия закладки и образования зубных зачатков, или стадия почки (*status gemmalis*) – 6–12-я неделя внутриутробного развития;
- 2) стадия дифференцировки зубных зачатков, или стадия колпачка (*status cappalis*) – 12–16-я неделя;
- 3) стадия гистогенеза зубных тканей, или стадия колокола (*status campanalis*) – с 16-й недели до середины первого года жизни после рождения.

### Стадия почки

Закладка эмбрионального материала, из которого развиваются зубы, происходит на 6–7-й неделе внутриутробного развития.

Поверхностный эпителий у верхней и нижней границ полости рта разрастается в глубину закладок челюстей, образуя желобок – губодесенную борозду, которая идет дугообразно спереди назад и отделяет губы и щеки от будущего альвеолярного отростка верхней челюсти и альвеолярной части нижней челюсти.

На внутреннем крае губодесенной борозды появляется дополнительное выпячивание в виде второй эпителиальной пластинки (*lamina dentalis*). Последняя вначале является сплошной и имеет вид эпителиального тяжа, идущего от эпителия полости рта в глубину челюсти.

Вскоре на пластинке начинается разрастание ее отдельных участков в виде колбообразных почек – зачатков молочных зубов. В каждой челюсти возникает по десять таких почек соответственно числу будущих зубов.

На 10-й неделе в каждую эпителиальную почку снизу начинает вращать мезенхима из головного отдела нервного гребешка, вдавливая нижнюю часть почки внутрь и превращая ее в эпителиальную шапочку, сидящую на мезенхимном сосочке.

Эта эпителиальная шапочка называется эмалевым органом (*organum enameleum*), так как из ее элементов образуется эмаль, а мезенхимный сосочек – зубным сосочком (*papilla dentalis*).

От окружающих тканей зачаток зуба отграничивается уплотнением эктомезенхимы, которое охватывает развивающийся зачаток, образуя зубной фолликул, или мешочек (*saccus dentalis*). У основания зубного зачатка ткань зубного мешочка сливается с мезенхимой зубного сосочка. На остальном своем протяжении зубной мешочек напоминает капсулу охватывает зачаток зуба, переходя затем на его шейку.

Следует иметь в виду, что закладка и развитие зачатков различных молочных зубов происходят не одновременно. Так, например, зачатки нижних резцов закладываются раньше и развиваются быстрее, чем зачатки соответствующих зубов верхней челюсти.

В процессе дальнейшего развития эмалевый орган постепенно обособляется от зубной пластинки и к концу 12-й недели соединяется с ней лишь тонким эпителиальным тяжем, который носит название шейки эмалевого органа. Эта шейка является источником развития замещающих постоянных зубов.

От шейки вырастает эпителиальная почка, являющаяся закладкой эмалевого органа замещающего зуба, которая проходит те же этапы.

Добавочные зубы, не имеющие предшественников среди молочных зубов, развиваются самостоятельно и независимо от закладок молочных зубов из растущей кзади зубной пластинки.

### **Стадия колпачка**

В этой стадии происходят важные изменения как в самих зачатках зубов, так и в окружающих тканях.

В первоначально однородном по клеточному составу эмалевом органе клетки разделяются на отдельные слои. Так, клетки, прилегающие к поверхности зубного сосочка, образуют слой внутренних эмалевых клеток, которые дают начало энамелобластам (*enameloblasti*), амелобластам – клеткам, участвующим в образовании эмали.

Часть клеток эмалевого органа, прилегающая непосредственно к слою энамелобластов, образует промежуточный слой (*stratum in-*

*termedium*) эмалевого органа, который состоит из двух-трех рядов плоских или кубических клеток. Эти клетки тесно связаны с внутренними эмалевыми клетками и клетками пульпы эмалевого органа. Они, предположительно, выполняют ряд важных функций: являются источником пополнения клеток этих отделов эмалевого органа, а также участвуют в обызвествлении эмали.

По краю эмалевого органа внутренние эмалевые клетки переходят в уплощенные наружные эмалевые клетки, лежащие на поверхности эмалевого органа. Образуемый ими край эмалевого органа называется эпителиальным корневым влагалищем (*vagina radicalis epithelialis*), или Гертвиговским влагалищем, которое играет важную роль в образовании корней зубов.

В центральной части эмалевого органа между клетками начинает накапливаться жидкость, содержащая белки и гликозаминогликаны. Благодаря последним в пульпе скапливается значительное количество воды, которая расслаивает клетки и отодвигает их друг от друга. Между ними продолжает, однако, сохраняться связь при помощи цитоплазматических отростков. Благодаря этому клетки центральной части эмалевого органа приобретают звездчатую форму, напоминая клетки ретикулярной ткани. Эта часть эмалевого органа получила название пульпы эмалевого органа, или звездчатого ретикулума (*reticulum enamelum*).

Функции пульпы эмалевого органа многообразны: поддержание формы зачатка зуба, обеспечение необходимого пространства для развития коронки, гидростатическая защита для развивающихся внутреннего эмалевого эпителия и зубного сосочка. Предполагают также, что она играет роль транспортного пути, по которому вещества из капилляров зубного мешочка перемещаются к клеткам внутреннего эмалевого эпителия.

Некоторые исследователи выделяют в развивающемся эмалевом органе дополнительные структуры: эмалевый узелок и тяж. Первый представляет собой локальное утолщение внутреннего эмалевого эпителия в центре эмалевого органа.

Эмалевый тяж идет от эмалевого узелка сквозь пульпу эмалевого органа к наружному эмалевому эпителию, разделяя ее на две части. Функции этих образований неясны, они могут обнаруживаться не во всех зубных зачатках.

Почти одновременно с преобразованиями в пульпе эмалевого органа начинается процесс дифференцировки зубного сосочка. В него прорастают кровеносные сосуды и нервы, благодаря чему он зна-

чительно увеличивается в размерах и еще глубже впячивается в эмалевый орган.

На поверхности зубного сосочка из клеток эктомезенхимы под индуцирующим влиянием внутренних эмалевых клеток образуется несколько рядов тесно расположенных низкопризматических клеток с базофильной цитоплазмой. Эти клетки называются преодонтобластами (*preodontoblasti*), в дальнейшем они превращаются в одонтобласты (*odontoblasti*), или дентинообразующие клетки.

Слой одонтобластов непосредственно прилегает к внутренним эмалевым клеткам, отделяясь от них тонкой базальной мембраной. Остальные клетки зубного сосочка остаются малодифференцированными, содержащими в цитоплазме слабо развитые органеллы.

Параллельно происходящим процессам перестройки клеток зубного зачатка в окружающих его тканях челюстей также отмечаются существенные морфологические изменения.

К 11–12-й неделям шейки эмалевых органов прорастают мезенхимой и постепенно рассасываются, вследствие чего зубные зачатки в значительной степени утрачивают связь с зубной пластинкой и обособляются от нее.

Сама зубная пластинка также теряет связь с эпителием полости рта и постепенно резорбируется. Сохраняются и растут только ее задние отделы и нижний свободный край, которые впоследствии дают начало эмалевым органам постоянных зубов.

Вокруг зубного мешочка и в сосочке происходит активное новообразование сети капилляров. Уже в стадии колпачка в области зубного мешочка начинает формироваться нервное сплетение. Ветви этого сплетения проникают в зубной сосочек с началом образования дентина, следуя обычно по ходу кровеносных сосудов.

В окружности зубных зачатков, в мезенхиме верхней и нижней челюстей образуются перекладки костной ткани, формирующие стенки зубных альвеол.

### **Стадия колокола**

С конца четвертого месяца внутриутробного развития наступает период гистогенеза зубных тканей. В этот период возникают важнейшие зубные ткани: дентин, эмаль, а также пульпа зуба.

Образование цемента начинается к 4–5-му месяцу постнатальной жизни, когда развиваются корни зуба и начинают прорезываться молочные зубы. Следовательно, в течение пренатального развития происходят закладка и развитие лишь коронок молочных зубов.

## Развитие дентина (дентиногенез)

Первой зубной тканью, дифференцирующейся в процессе развития молочного зуба, является дентин.

Образование и обызвествление дентина осуществляется специализированными клетками зубного сосочка – одонтобластами (дентинобластами). Эти клетки находятся в тесной морфофункциональной связи с внутренними эмалевыми клетками, которые, как показывают современные исследования, «запускают» механизм дифференцировки одонтобластов и выработку ими дентина. В свою очередь, образующийся дентин стимулирует дифференцировку и начало деятельности энамелобластов, которые начинают продуцировать эмаль поверх образующегося слоя дентина.

В процессе формирования дентина дентинообразующие клетки проходят две стадии:

- 1) стадию преодонтобласта;
- 2) стадию зрелого одонтобласта.

Преодонтобласты берут начало от звездчатых клеток зубного сосочка (из эктомезенхимы). Это обычно низкопризматические клетки с ядром, расположенным в центральной зоне.

Цитоплазма характеризуется слаборазвитыми эндоплазматической сетью и комплексом Гольджи, небольшим количеством митохондрий и микровезикул, разбросанными по всей цитоплазме.

В процессе дифференцировки преодонтобласта в зрелом одонтобласте происходят существенные преобразования. Форма клетки становится высокопризматической. Ядро, богатое эухроматином, смещается в базальный отдел (ближе к пульпе), а от апикального полюса отходит длинный цитоплазматический отросток – дентинный отросток одонтобласта (волокно Томса), достигающий до дентиноэмалевого соединения.

Отросток содержит множественные микротрубочки и микрофиламенты, а также большое число секреторных пузырьков. Обычно отростки тянутся до базальной мембраны внутреннего эмалевого эпителия, но иногда способны в отдельных участках проникать между его клетками, давая начало в дальнейшем эмалевым веретенам. Кроме волокна Томса, на ранних стадиях дифференцирования одонтобласт отдает короткие боковые ответвления, анастомозирующие с соседними клетками посредством десмосомоподобных контактов, промежуточных, щелевых и плотных соединений. На более поздних стадиях развития клетки теряют эти отростки и становятся круглыми или овальными.



Цитоплазма одонтобласта становится резко базофильной, отмечается наличие хорошо развитого комплекса Гольджи (над ядром) и выраженной гранулярной эндоплазматической сети.

В апикальной области располагается большое число микротрубочек, микронитей, виментиновых филаментов, секреторных пузырьков и гранул. Здесь же содержатся свободные рибосомы (обычно в форме полисом), рассеянные митохондрии, лизосомы, аутофагосомы и пара центриолей.

Увеличивается количество соединительных комплексов между одонтобластами. Межклеточное пространство между смежными одонтобластами очень узкое, содержит мелкие коллагеновые микрофибриллы, а также безмиелиновые нервные волокна.

Таким образом, зрелый одонтобласт демонстрирует многие структурные особенности, связанные с синтезом протеинов и их секрецией.

Образование дентина начинается на вершшке зубного сосочка (место формирования будущего режущего края коронки или жевательного бугорка) и распространяется к его основанию. В зубах с несколькими жевательными бугорками дентин откладывается независимо в каждом из участков, соответствующих будущим вершшкам бугорков. Образующийся таким образом дентин формирует коронку зуба и называется коронковым.

Процесс дентиногенеза состоит из двух последовательных стадий.

Первая стадия включает синтез и секрецию коллагена и неколлагеновых составляющих внеклеточного вещества. Она считается органической фазой образования дентина, в течение которой формируются все компоненты, составляющие органический матрикс дентина. В этой стадии в цитоплазме одонтобластов (в наружном ее отделе – эктоплазме) образуются многочисленные секреторные гранулы, которые выделяют путем экзоцитоза свое содержимое во внеклеточное пространство в области апикальных отделов тел одонтобластов или их отростков. Одонтобласты синтезируют различные вещества: гликопротеины, фосфопротеины, протеогликаны, гликозаминогликаны, кальцийсвязывающие белки (остеокальцин и остеоонектин), а также фосфорины – специфические белки, встречающиеся только в дентине и играющие важную роль в регуляции скорости минерализации дентина. Главным продуктом деятельности одонтобластов является коллаген I типа – основной органический компонент дентина, который в виде тонких фибрилл диаметром 0,1–0,2 мкм

выходит из клеток, превращаясь затем в толстые коллагеновые волокна. Вместе с межклеточным веществом эти волокна образуют основное вещество молодого, еще необызвествленного дентина – предентина (*predentinum*).

Первоначально эти волокна, называемые волокнами Корфа, идут между одонтобластами в радиальном направлении. Их периферические концы, обращенные к эмалевому органу, образуют щеточку из радиально направленных волоконцев, которые в своей совокупности образуют тонкую базальную мембрану (*membrane preformativa*), разделяющую внутренние эмалевые клетки и слой одонтобластов. Центральные концы этих радиальных волокон теряются в мезенхимной ткани зубного сосочка.

Как только слой предентина с волокнами Корфа достигает определенной толщины (от 60 до 140 мкм), он оттесняется на периферию коронки зуба новыми слоями предентина, в которых волокна идут уже в тангенциальном направлении, т.е. параллельно поверхности зубного сосочка. Этот новый вид волокон носит название волокон Эбнера. Последние в отличие от радиальных волокон Корфа более тонкие и переплетаются друг с другом. Они не проходят в своем развитии преколлагеновой стадии, а сразу возникают как коллагеновые волокна. В дальнейшем радиальные волокна, лежащие в самых наружных отделах, совместно с аморфным веществом образуют плащевой дентин коронки зрелого зуба, а внутренние слои дентина, богатые плотно расположенными тангенциальными волокнами, формируют околопульпарный дентин, который составляет основную массу этой ткани зуба.

В период развития основного вещества дентина одонтобласты оставляют в нем свои тонкие цитоплазматические отростки – волокна Томса, которые располагаются в полости дентинных канальцев. По мере утолщения слоя дентина растут и удлиняются отростки одонтобластов, поскольку сами одонтобласты в состав образованного ими основного вещества дентина не входят. Одонтобласты остаются в наружных отделах зубного сосочка, а в сформированном зубе – в наружных отделах пульпы.

Во второй стадии (неорганическая фаза) дентиногенеза органический матрикс пропитывается солями фосфата кальция. При этом в плащевом дентине сначала появляются окруженные мембраной матричные пузырьки, содержащие минеральные соли. Эти пузырьки растут, затем их мембрана разрывается, и кристаллы гидроксиапатита откладываются в аморфном цементирующем веще-

стве дентина между коллагеновыми фибриллами. Обызвествления самих коллагеновых волокон в норме не происходит. Остаются необызвествленными также и волокна Томса, располагающиеся в дентинных канальцах. Обызвествление околопульпарного дентина происходит без участия матричных пузырьков. Минеральные соли при этом откладываются и на поверхности, и внутри коллагеновых волокон, а также между ними.

Одонтобласты играют основную роль и в процессе кальцинирования дентина, содействуя при помощи волокон Томса доставке минеральных солей из крови в основное вещество развивающегося дентина.

Обызвествление начинается с 19–20-й недели пренатального развития. Вследствие некоторого отставания процесса минерализации от образования основного вещества дентина на внутренней стороне зуба остается слой необызвествленного предентина, который сохраняется и в сформированном зубе.

Раньше всего отложение солей извести наблюдается в дентине, покрывающем вершину зубного сосочка, т.е. в области будущего режущего края зуба или его жевательных бугорков. Образующийся в результате этого островок обызвествленного дентина носит название зубного черепка.

В однокорневых зубах на режущем крае коронки возникает один такой черепок. При развитии многокорневых зубов число островков обызвествленного дентина соответствует числу будущих жевательных бугорков, которые затем увеличиваются в размерах и сливаются между собой.

Процесс минерализации дентина начинается на вершине зубного сосочка и постепенно распространяется на боковые отделы коронки зуба, где слой дентина образуется позже и поэтому более тонкий.

В общем процесс обызвествления состоит в отложении в органической основе дентина кристаллов трикальцийфосфата и гидроксиапатита.

Субмикроскопические кристаллы гидроксиапатита обычно располагаются по ходу коллагеновых фибрилл и, следовательно, в плащевом дентине параллельно, а в околопульпарном – почти под прямым углом к дентинным канальцам. Наряду с этим в дентине наблюдается другая форма отложения кристаллов гидроксиапатита – в виде шаров (калькосфериты). Каждый из них представляет собой комплекс кристаллов апатита, длинные оси которых лежат радиаль-

но по отношению к центру калькосферита. Такая форма отложения извести в виде шаров является, в отличие от кости, характерной особенностью обызвествления дентина. Сливаясь между собой, калькосфериты сообщают обызвествленным участкам дентина форму шаров. Дентин, минерализованный подобным образом, составляет большую часть плащевого и околопульпарного дентина зуба и называется глобулярным дентином.

Как известно, минерализация дентина даже в нормальных зубах идет неравномерно. В результате этого и в зубах взрослого человека сохраняются участки мало или совсем необызвествленного основного вещества дентина, ограниченные характерными шаровидными поверхностями. Эти участки получили название интерглобулярного дентина. Последний отличается от обычного дентина только отсутствием или малым содержанием солей кальция.

Дентинные каналыцы проходят через интерглобулярный дентин, не прерываясь и не меняя своего хода. Особенно отчетливо участки интерглобулярного дентина выражены в коронке зуба вблизи дентиноэмалевой границы. Количество этих участков может индивидуально значительно изменяться в зависимости от степени минерализации дентина, которая, в свою очередь, связана с нарушениями обмена веществ, неполноценным питанием (авитаминоз), нарушением функции некоторых эндокринных желез (недостаточность кальцитонина) или с воздействием повышенных концентраций фтора.

Нередко участки интерглобулярного дентина в зубах человека располагаются слоями в соответствии с периодами отложения дентина в процессе развития зуба. Это приводит к возникновению характерных дугообразных полос в коронке зуба, располагающихся одна за другой под некоторым углом к боковой поверхности зуба.

Образование дентина в области корня (корневой дентин) протекает в основном так же, как и в коронке, но начинается на более поздних стадиях развития зуба и завершается после прорезывания зуба.

Дентин корня отличается от дентина коронки химическим составом некоторых органических компонентов, более низкой степенью минерализации, отсутствием строгой ориентации коллагеновых фибрилл и невысокой скоростью отложения солей.

Совершенно иные характер и расположение имеют участки интерглобулярного дентина в области корня. Здесь они очень мелкие и под малым увеличением имеют вид тесно расположенных зерен черного цвета, которые широкой полосой тянутся вдоль границы с цементом, образуя зернистый слой Томса.

Окончательное формирование корневого дентина завершается в молочных зубах приблизительно через 1,5–2 года после их прорезывания, а в постоянных – через 2–3 года от начала прорезывания.

В целом длительность периода активности одонтобластов, осуществляющих образование и минерализацию дентина, составляет в молочных зубах человека около 300–350 суток, а в постоянных – 650–700 суток, до приобретения зубом окончательной анатомической формы. Эти процессы характеризуются определенной периодичностью, благодаря которой в дентине зуба взрослого человека наблюдаются так называемые ростовые линии: суточные линии роста (с интервалом 4 мкм) и ростовые линии Эбнера (с интервалом 18–20 мкм). Последние свидетельствуют о цикличности отложения дентина с периодом около пяти суток (инфрарадианный ритм). В свою очередь минерализация дентина также осуществляется ритмически с периодом около 12 часов (ультрарадианный ритм) независимо от цикличности выработки его органической матрицы.

В дентине зрелого зуба имеется зона, которая в норме не подвергается обызвествлению. Это самая внутренняя часть околопульпарного дентина, непосредственно прилегающая к слою одонтобластов. Через нее проходят дентинные каналы и волокна Томса, прежде чем они проникнут в обызвествленный дентин. На препаратах зуба эта зона обычно имеет вид тонкой полоски розового цвета, в которую вдаются шаровидные поверхности обызвествленного дентина (дентинные шары). Зона необызвествленного дентина носит название дентиногенной зоны, или преддентина, и является местом постоянного роста дентина, не прекращающегося в зубах взрослого человека всю его жизнь.

Нарушение дентиногенеза возможно как на первой, так и на второй стадии его развития. Такие наследственные заболевания называются несовершенным дентиногенезом (*dentinogenesis imperfecta*).

### **Развитие эмали (энамелогенез)**

Образование эмали начинается вскоре после начала отложения дентина на вершине зубного сосочка благодаря деятельности энамелобластов (амелобластов).

Всегда образование дентина предшествует началу энамелогенеза. Эта последовательность возникновения основных зубных тканей указывает на наличие тесных взаимоотношений между эпителиальной и соединительнотканной частями зубного зачатка. Если

обособление внутренних эмалевых клеток дает толчок к дифференцировке слоя одонтобластов на поверхности зубного сосочка, то отложение на вершине сосочка тонкого слоя дентина, в свою очередь, является необходимым условием для начала образования эмали.

Начало энамелогенеза характеризуется рядом изменений в эмалевом органе. Его наружная поверхность, которая раньше была гладкой, становится неровной вследствие образования многочисленных складок. Мезенхима зубного мешочка, содержащая большое количество кровеносных капилляров, заходит в промежутки между этими складками. Это значительно увеличивает поверхность соприкосновения эмалевого органа с мезенхимой мешочка и, несомненно, способствует большему притоку крови к эмалевому органу, который сам по себе является бессосудистым образованием. К тому же вершина зубного сосочка, покрытая слоем дентина, глубоко внедряется в вещество эмалевого органа, сдавливая и оттесняя его в сторону пульпы.

Вследствие этого внутренние эмалевые клетки, расположенные над вершиной зубного сосочка, почти вплотную соприкасаются с наружными эмалевыми клетками и кровеносными капиллярами зубного мешочка, откуда начинают получать необходимые для построения эмали вещества.

Наряду с этими преобразованиями эмалевого органа заметные качественные изменения и количественные перестройки претерпевают энамелобласты, проходящие процесс сложной и значительной дифференцировки. В этом процессе различают стадии преэнамелобласта, секреторного энамелобласта (энамелобласт стадии секреции) и зрелого энамелобласта (энамелобласт стадии созревания). Превращение преэнамелобластов в секреторные энамелобласты начинается только после превращения мезенхимных клеток зубного сосочка в одонтобласты вследствие сложных и еще не до конца раскрытых эпителиально-мезенхимальных взаимодействий клеток в процессе образования зуба.

Преэнамелобласты – это низкопризматические клетки, расположенные в периферической шеечной части внутреннего эмалевого эпителия. Ядро типичного преэнамелобласта локализуется в центре и имеет вытянутую форму. Цитоплазма окрашивается базофильно, содержит довольно неразвитые органеллы, особенно комплекс Гольджи и гладкую эндоплазматическую сеть; много свободных рибосом. Сравнительно немногочисленные митохондрии разбросаны по всей клетке. Имеются также микрофиламенты. Преэнамелобласт образует многочисленные отростки, которые проходят через базаль-

ную мембрану, разделяющую одонтобласты и внутренние эмалевые клетки, и контактируют с клетками зубного сосочка. Эти отростки играют важную роль в эпителиально-мезенхимальном взаимодействии, характерном для зубного морфогенеза. Презнамелобласты – незрелые клетки, они проявляют митотическую активность и затем подвергаются дифференцировке в секреторные энамелобласты.

Секреторные энамелобласты – эпителиальные клетки высокой призматической формы с сильно поляризованной цитоплазмой. Это полностью дифференцированные клетки, неспособные к дальнейшему митозу. Поэтому для продолжения энамелогенеза должен существовать постоянный источник энамелобластов, которым и является популяция презнамелобластов. В связи с последовательностью дифференцировки секреторные энамелобласты расположены ближе к окклюзионной поверхности коронки зуба, а презнамелобласты – более периферийно.

Важные изменения, происходящие в цитоплазме будущих секреторных энамелобластов, состоят в следующем:

- ядро перемещается из центрального положения в базальный отдел дифференцирующейся клетки, обращенный к промежуточному слою эмалевого органа;
- интенсивно развивается гранулярная эндоплазматическая сеть в апикальном отделе клетки;
- комплекс Гольджи, ранее слаборазвитый, гипертрофируется, образуя многочисленные мембранные комплексы, и смещается к противоположному полюсу клетки (ближе к дентину), который теперь становится апикальным (верхушечным);
- разбросанная ранее по всей цитоплазме популяция митохондрий собирается в инфраядерной, или базальной, части клетки;
- в верхушечной цитоплазме возникает множество мембранограниченных секреторных пузырьков (гранулы Палада);
- в цитоплазме образуется большое количество микротрубочек и микрофиламентов – органелл, важных для цитоплазматического перемещения ядра, комплекса Гольджи, везикул и других органелл, возникающих в процессе дифференцировки;
- возрастает число межклеточных связей, особенно десмосом и щелевидных соединений, на двух уровнях – в области новых апикального и базального полюсов, что указывает на усиление связей между соседними секреторными энамелобластами;
- проявляется самая заметная особенность энамелобластов – образование верхушечного отростка Томса как секреторного полюса клетки.

В итоге секреторные энамелобласты приобретают все черты, которые характерны для клеток, синтезирующих и выделяющих белки.

Белки органической матрицы эмали синтезируются в цистернах гранулярной эндоплазматической сети, откуда поступают в комплекс Гольджи, где упаковываются в секреторные гранулы. Гранулы затем перемещаются к апикальной поверхности энамелобласта и выделяют свое содержимое поверх новообразованного слоя дентина.

Протеины, вырабатываемые секреторными энамелобластами, являются эмалевыми протеинами, характерными для эмалевой органической матрицы (энамелин и амелогенин). Эти белки выполняют ряд важных функций: участвуют в связывании ионов кальция и регуляции их транспорта в образующуюся эмаль, а также формируют среду, обеспечивающую начало образования (инициацию) кристаллов гидроксиапатита, их укрупнение, укладку и ориентацию. В отличие от других обызвествленных тканей человека белки эмали являются неколлагеновыми.

Основными белками эмали в период ее секреции выступают амелогенины, составляющие 90 % от всех белков, секретлируемых энамелобластами. Амелогенины – это гидрофобные белки с высоким содержанием гистидина, глутамина и пролина. Они подвижны и не связаны с кристаллами гидроксиапатита. Предполагают, что они мигрируют по эмали, участвуя в регуляции роста кристаллов в длину, ширину и толщину.

При укрупнении кристаллов часть белков удаляется путем расщепления до низкомолекулярных веществ под воздействием протеолитических ферментов, секретлируемых энамелобластами. Второй группой эмалевых белков являются энамелины, содержащие аспарагиновую кислоту, серин и глутамин, которые связываются с кристаллами гидроксиапатита, участвуя в процессах упорядочения их укладки в эмалевых призмах.

Отросток Томса появляется несколько позже начала секреторно-образовательной деятельности энамелобластов. Секреция эмали в этот период начинается с выделения энамелобластами органического вещества между дентином и их апикальной поверхностью в виде непрерывного слоя толщиной 5–10 мкм. В этом слое вскоре появляются отложения мелких кристаллов гидроксиапатита, при этом формируется слой начальной эмали.

Кристаллы гидроксиапатита располагаются неупорядоченно, в основном перпендикулярно к поверхности дентина, и контактиру-



ют с кристаллами дентина. Полагают, что последние являются участками инициации формирования кристаллов в эмали.

Таким образом, начальная эмаль по своей природе апризматична и не проявляет морфологических особенностей призм. Призматическая эмаль, формирующая основу эмали, образуется только в присутствии волокон Томса. Поэтому и в сформированной эмали зрелого зуба вблизи дентиноэмалевой границы существует внутренняя апризматичная зона.

После отложения первого слоя начальной эмали энамелобласты отодвигаются от поверхности дентина и образуют волокна Томса. Это является признаком полного завершения их функциональной дифференцировки.

Отросток Томса конической формы содержит в своей цитоплазме исключительно микротрубочки, микрофиламенты и мембранограниченные секреторные гранулы с эмалевыми протеинами, которые освобождаются в межклеточное вещество с помощью экзоцитоза.

По мнению некоторых исследователей, отросток Томса может также участвовать в резорбции эмалевой матрицы в процессе созревания эмали, т.е. демонстрирует двойственность своей функции.

Образование эмали первоначально происходит в области будущего режущего края или жевательных бугорков зубов. Эти участки являются своеобразными «центрами роста» развивающихся зачатков зубов, откуда формообразовательные процессы распространяются на остальные поверхности коронки.

В развитии эмали различают две резко выраженные фазы:

1) образование органической основы эмалевых призм (матрицы эмали);

2) созревание эмали, заключающееся в обызвествлении эмалевых призм и межпризматического вещества.

В течение первой фазы в цитоплазме энамелобластов появляются гранулы, содержащие эмалевые протеины, которые путем экзоцитоза пропитывают образующиеся эмалевые призмы и межпризматическое вещество эмали. В результате возникает своеобразная сотовая структура, стенки ячеек которой образованы межпризменной эмалью, а центральные участки – отростками Томса.

Такая ячеистая структура определяет характер строения зрелой эмали, в том числе форму, размеры и ориентацию эмалевых призм. По мере новообразования эмали секреторные энамелобласты постоянно оттесняются к периферии, смещаясь под углом к дентиноэма-

левой границе. Судьба отростка Томса остается неясной: по одним данным он остается в эмалевой призме, входя в ее состав, по другим – удлиняется, отступая вместе с клеткой к периферии.

В формировании эмалевых призм арочной конфигурации участвуют, по меньшей мере, четыре энамелобласта: один из них образует «головку» призмы, а три остальных формируют «хвост» – межпризменную эмаль. Следовательно, каждый энамелобласт принимает участие в образовании четырех призм: формирует «головку» одной призмы и «хвосты» четырех других.

Кристаллы гидроксиапатита в призмах, особенно в их центральных участках, ориентированы параллельно вдоль их оси, в периферических – отклоняются от нее. В межпризменных участках кристаллы лежат под прямым углом к кристаллам центральной части призмы. Когда длина вновь образовавшихся призм достигает 20 мкм, они начинают пропитываться солями извести так же, как и окружающее их межпризматическое вещество. Обызвествление начинается с поверхности эмалевых призм и распространяется к их центральным – осевым частям.

В образовании эмалевых призм наблюдается известный ритм, который многие авторы расценивают как суточный ритм в деятельности энамелобластов. Он выражается в появлении вдоль каждой эмалевой призмы темных и светлых поперечных полосок, соответствующих периодам меньшего или большего отложения солей извести в процессе развития призмы. Расстояние между этими полосками составляет около 4 мкм. Эти полоски обуславливают поперечную исчерченность эмалевых призм, хорошо заметную и в эмали сформированного зуба.

Образование эмалевых призм и их обызвествление происходят одновременно на всем протяжении внутренней поверхности эмалевого органа: начинаясь в области вершины зубного сосочка, процесс этот постепенно распространяется по направлению к боковым поверхностям и шейке зуба. Вследствие этого в эмали возникают полоски Ретциуса, которые на продольных шлифах видны как коричневые линии, пересекающие под острым углом эмалевые призмы, а на поперечных – как концентрические круги, соответствующие фронтам отложения эмали. Эти линии являются своеобразными границами между отдельными фазами роста эмалевых призм в процессе развития зуба, т.е. соответствуют периодам покоя в деятельности энамелобластов и характеризуются, следовательно, уменьшенным содержанием солей кальция в веществе эмалевых призм.

Расстояние между полосками Ретциуса отличается заметным постоянством и составляет в норме у человека и ряда млекопитающих около 16 мкм. Оно может изменяться при различных заболеваниях ребенка, что морфологически проявляется образованием в эмали резко усиленных полосок Ретциуса.

Эмалевые белки имеются во всех участках новообразованной эмали, однако по мере ее созревания наибольшая их концентрация отмечается в периферическом слое эмалевых призм, называемом их оболочкой. Таким образом, оболочки не являются самостоятельными образованиями, это лишь отделы самих эмалевых призм с менее упорядоченным расположением кристаллов и повышенным содержанием белков.

Молодая эмаль непрорезавшихся зубов, образованная секреторными энамелобластами и подвергшаяся первичной минерализации, в структурном отношении аналогична зрелой эмали, однако существенно отличается от нее большим содержанием органических веществ и воды (70–75 %) и меньшим количеством минеральных солей (25–30 %). Единственным участком более значительно минерализованной эмали является ее самый внутренний слой толщиной в несколько микрометров (начальная эмаль).

Созревание эмали (вторичная минерализация) заключается в уменьшении в ее ткани воды, органических веществ, накоплении и кристаллизации минеральных солей, т.е. в ее окончательном обызвествлении. Как известно, в зрелой эмали содержание минеральных солей доходит до 97 %, а количество органических веществ и воды снижается соответственно до 2–3 %.

По современным представлениям, развитие и минерализация эмали – непрерывный процесс, который начинается у дентиноэмалевой границы и распространяется к поверхности эмали, заканчиваясь слоем конечной эмали, по своему строению сходной с начальной и также не содержащей призм. Поэтому внутренние отделы эмали оказываются более обызвествленными, чем наружные. Исключение составляет самая поверхностная зона эмали толщиной 5–15 мкм, которая характеризуется повышенным содержанием минеральных солей, а также некоторых микроэлементов (фтор) и отличается большей твердостью, чем подлежащие слои эмали.

В процессе новообразования эмали клетки наружного эмалевого эпителия, пульпы эмалевого органа и промежуточного слоя утрачивают свои индивидуальные морфологические особенности, образуя единый пласт многослойного эпителия, прилежащего к энамелобластам.

После того как эмаль коронки зуба сформировалась, секреторные энамелобласты подвергаются своего рода дедифференцировке, превращаясь в зрелые клетки, принимающие участие в созревании эмали.

В течение этого процесса незрелая эмаль в результате вторичного кальцинирования превращается в типичную зрелую эмаль. По завершении секреции и первичной минерализации эмали содержание в ней минеральных солей значительно увеличивается, что приводит к резкому повышению ее твердости. Это осуществляется путем притока и включения минеральных солей в эмаль при одновременном удалении из нее органических соединений и воды. Теперь энамелобласт не является больше секреторной клеткой. Это скорее абсорбтивная (или резорбтивная) клетка. Выделяют клетки двух типов, способные к взаимным превращениям. Некоторые авторы считают эти типы клеток завершающими стадиями дифференцировки энамелобластов в процессе минерализации эмали.

В цитоархитектонике клеток I типа отмечаются следующие перестройки: волокна Томса исчезают и заменяются микроворсинками, образующими поверхность, сходную с таковой абсорбтивных клеток тонкой кишки. Ранее хорошо развитая шероховатая эндоплазматическая сеть и комплекс Гольджи подвергаются инволюции посредством аутофагосомии.

В супраядерном отделе цитоплазмы преобладают лизосомы, вакуоли и везикулы, содержащие кальцийсвязывающие белки, митохондрии. Их базальные (удаленные от эмали) комплексы межклеточных соединений обладают значительной проницаемостью, а апикальные – высокой плотностью. Эти клетки участвуют преимущественно в активном транспорте неорганических ионов, которые выделяются на апикальной поверхности энамелобластов. Посредством микроворсинок происходит также всасывание продуктов распада белков эмали.

Энамелобласты II типа имеют гладкую апикальную поверхность. Их базальные комплексы межклеточных соединений непроницаемы, а апикальные обладают высокой проницаемостью. Основная функция этих клеток заключается в удалении из эмали органических веществ и воды. Клетки больше не синтезируют и не выделяют эмалевые протеины, но производят лизосомные гидролазы (протеазы и т.п.), которые, выделяясь в межклеточное пространство, расщепляют органическую матрицу эмали, освобождая место для дополнительной минерализации ее кристаллами гидроксиапати-

та. Таким образом, функциями зрелого амелобласта, по существующим в настоящее время представлениям, являются абсорбция и выведение остатков органической матрицы и поддержание водного и минерального обмена.

По мере дальнейшего развития эмали энамелобласты уменьшаются в размерах и отодвигаются от дентина. Часть энамелобластов гибнет путем апоптоза и фагоцитируется соседними клетками. К моменту прорезывания зубов энамелобласты резко уменьшаются и редуцируются, а эмаль оказывается покрытой лишь тонкой оболочкой – вторичной кутикулой эмали, образованной клетками наружного эмалевого эпителия, спавшейся пульпы и промежуточного слоя эмалевого органа, которая покрывает эмаль и выполняет защитную роль.

Процесс минерализации эмали, начавшись в области режущего края и жевательных бугорков зубов, переходит затем на другие поверхности. Применение нового метода рентгенографии с первичным прямым увеличением изображения показало, что в сроки 18–19 недель внутриутробного развития отчетливо видны признаки минерализации режущего края и поверхностей коронок резцов на одну треть, а также начало обызвествления режущего края клыков и вестибулярного медиального бугорка первых моляров.

В 24–25 недель продолжается минерализация резцов, почти полностью обызвествлен режущий край клыка, появляются точки обызвествления язычного медиального бугорка первых моляров.

В 26 недель продолжается обызвествление резцов и клыков, вестибулярные бугорки первых моляров почти слились, видны первые признаки минерализации вершины вестибулярного дистального бугорка второго моляра.

В 32 недели продолжается кальцификация резцов и клыков; сливаются вестибулярные бугорки первых моляров.

В 36 недель обызвествлены все поверхности резцов (кроме пришеечной области), полностью слились вестибулярные бугорки первых моляров, более четко вырисовываются язычные бугорки первых моляров, интенсивнее идет минерализация язычного дистального бугорка второго моляра.

После рождения ребенка обызвествляются пришеечная область резцов; пришеечная область, вестибулярная и аппроксимальные поверхности клыков, а также язычная поверхность первого молочного моляра.

Окончательное созревание эмали (третичная минерализация) происходит уже после прорезывания зуба, особенно интенсивно

в течение первого года жизни ребенка. Основным источником неорганических веществ, поступающих в эмаль, служит слюна и в некоторой степени дентин.

### **Развитие корня и цемента зуба**

Развитие корня зуба происходит уже в постнатальном периоде, незадолго до прорезывания. К тому времени коронки молочных зубов в основном уже сформированы. Поверх слоя эмали коронки зуба располагаются остатки эмалевого органа в виде эпителиального пласта, состоящего из нескольких рядов клеток. Этот редуцированный эмалевый эпителий сохраняется на поверхности коронки зуба вплоть до его прорезывания и, как считают некоторые авторы, предотвращает резорбцию эмали со стороны соединительной ткани челюстей или отложение на ее поверхности цемента.

Эти регрессивные изменения эмалевого органа не затрагивают его краев, где внутренние эмалевые клетки переходят в наружный эмалевый эпителий. Клетки здесь активно пролиферируют, образуя эпителиальное (Гертвиговское) корневое влагалище (*vagina radicalis epithelialis*), которое играет важную роль в образовании корней зубов. Это влагалище состоит из внутренних и наружных клеток эмалевого органа, тесно прилежащих друг к другу.

Внутренние эмалевые клетки остаются кубической формы и не превращаются в энамелобласты. Пульпа эмалевого органа и его промежуточный слой отсутствуют. Эпителиальное влагалище образует вокруг зубного сосочка, у его основания, своеобразное кольцо — диафрагму корневого влагалища (*diaphragma vaginae radialis*), которое постепенно врастает в подлежащую эктомезенхиму, отделяя тот ее участок, который пойдет на образование корня зуба.

Мезенхимные клетки зубного сосочка, прилегающие изнутри к эпителиальному корневому влагалищу, превращаются в одонтобласты, которые образуют дентин корня. После возникновения дентина корня эпителиальное влагалище прорастает клетками зубного мешочка, теряет свою непрерывность и в дальнейшем рассасывается. Часть клеток влагалища может сохраниться в периодонте взрослого зуба в виде остаточных эпителиальных телец Малассе.

В результате распада эпителиального корневого влагалища эктомезенхимные клетки зубного мешочка вступают в непосредственное соприкосновение с дентином корня, дифференцируясь в цементобласты, которые начинают откладывать цемент на поверхности дентина корня.

Дифференцировка эктомезенхимных клеток зубного фолликула в активные цементобласты сопровождается развитием в клетках гранулярной эндоплазматической сети, комплекса Гольджи, системы микропузырьков и везикул. Сначала цементобласты синтезируют внутренние коллагеновые волокна внеклеточного матрикса. Выделившийся из клеток коллаген дальше видоизменяется специфическими неколлагеновыми протеинами, также производными цементобластов, в форму, способную к обызвествлению.

В процессе минерализации цемента цементобласты постоянно отделяются от фронта отвердения слоем некальцифицированного цемента – цементоидом, или прецементом. Прецемент в дополнение к коллагену содержит отростки цементобластов. В некоторых случаях цементобласты окружаются собственными продуктами выделения, которые отвердевают, превращая цементобласты в цементоциты. Последние представляют собой неактивную форму клеток зубного фолликула, которые теряют органеллы синтеза протеинов и в дальнейшем погибают, превращаясь в чешуйчатовидные образования.

В отличие от кости или дентина первоначальное отвердение цемента не зависит от деятельности внеклеточных минерализованных пузырьков матрикса, а происходит до некоторой степени путем распространения гидроксиапатита из дентина корня зуба.

Остальная часть зубного мешочка, окружающая развивающийся корень зуба, дает начало плотной соединительной ткани перицементы (периодонта). Пучки коллагеновых волокон перицементы одними своими концами как бы впаиваются в основное вещество развивающегося цемента, а другими – переходят в основное вещество альвеолярной кости. Вследствие этого корень плотно укрепляется в зубной альвеоле.

В целом образование цемента происходит по типу периостального остеогенеза. Образующийся цемент является по строению практически грубоволокнистой костной тканью, покрывающей снаружи дентин корня.

Воздействие неблагоприятных факторов в период цементогенеза может привести к гиперцементозу (гиперплазии цемента). Процесс может затронуть как один, так и все зубы. Гиперцементоз также возможен в отдельных участках корня одного зуба.

В некоторых случаях свободные узелковые утолщения отвердевшего цемента образуются в периодонтальной мембране. Такие утолщения известны как цементикли. Они обычно наблюдаются во-

круг дегенерированных эпителиальных остатков Гертвиговского влагалища. С возрастом цементикли могут прилипнуть к цементу, образуя центры локализованного эксцементоза.

После формирования корня эпителиальное корневое влагалище перестает расти в глубину, постепенно кольцеобразно замыкается и формирует отверстие верхушки корня зуба, через которое проходят сосуды и нервы пульпы зуба. Широкое вначале апикальное отверстие корневого канала постепенно суживается вследствие отложения новых масс дентина и цемента.

Сложнее протекает развитие корня в многокорневых зубах. В зависимости от вида зуба первоначально единый и широкий корневым канал таких зубов разделяется на два или три канала. От краев диафрагмы эпителиального корневого влагалища в горизонтальном направлении растут навстречу друг другу два (в зачатках нижних коренных зубов) или три (в зачатках верхних коренных зубов) эпителиальных выроста. Верхушки этих выростов в конце концов срастаются друг с другом, и первоначально единое цервикальное отверстие делится на два или три отверстия, соответственно числу будущих корней. Дальнейшее их развитие протекает аналогично таковому однокорневых зубов.

Рост корней молочных зубов и последующее их рассасывание происходят в определенном порядке. Так, корни центральных резцов и первых моляров развиваются в течение первого полугодия жизни ребенка. Рост корней продолжается до 2–2,5 лет, после чего происходит постепенное рассасывание их. Корни боковых резцов начинают развиваться в течение первого полугодия, растут до 2 лет. Рассасывание их начинается с 5–6 лет. Корни клыков развиваются в период от 1 года до 3,5 лет, резорбируются на 5-м году.

Развитие корней вторых моляров происходит в течение 1–1,5 лет. К 3 годам корни окончательно формируются. Рассасывание их начинается с 5 лет.

### **Развитие пульпы молочных зубов**

Одновременно с гистогенетическими процессами образования зубных тканей происходит дифференцировка мезенхимальных элементов зубного сосочка в его центральной части. Мезенхимные клетки увеличиваются в размерах и начинают отодвигаться друг от друга благодаря появлению между ними основного аморфного вещества. Постепенно мезенхима сосочка преобразуется в рыхлую соединительную ткань, богатую фибробластами, фиброцитами и мак-



рофагами, а также кровеносными сосудами и нервами. К моменту прорезывания зуба мезенхима сосочка практически полностью дифференцируется в пульпу зубного органа, хотя окончательная перестройка тканевых элементов пульпы завершается в первые годы жизни.

## **Развитие постоянных зубов**

Развитие постоянных зубов происходит так же, как и развитие молочных зубов, но более медленно.

Источником образования их служит та же зубная пластинка, из которой развивались зачатки молочных зубов. Начиная с 5–7-го месяца пренатального развития вдоль свободного края зубной пластинки (эти отделы зубной пластинки некоторые ученые предлагают называть замещающей зубной пластинкой) позади каждого зачатка молочного зуба с язычной стороны образуются эмалевые органы передних постоянных зубов: резцов, клыков и премоляров. Поскольку в молочном прикусе ребенка нет премоляров, то молочные моляры замещаются в дальнейшем постоянными премолярами.

Раньше всего из группы передних постоянных зубов в пренатальном периоде закладываются зачатки резцов (6–7-й месяц) и клыков (7–7,5 месяцев), а затем премоляров (7,5 месяцев). В итоге в каждой челюсти зародыша возникает по десять зачатков замещающих постоянных зубов.

Вначале зачатки этих зубов лежат в общих с зачатками молочных зубов костных альвеолах, однако затем между ними вырастает костная перегородка и происходит постепенное обособление ячеек молочного и постоянного зубов.

Одновременно зубная пластинка продолжает расти в каждой челюсти кзади и по ее краю образуются эмалевые органы больших коренных зубов (высказывается мнение, что и эти зубы эмбриологически следует относить к генерации молочных, а не постоянных зубов).

Раньше всего появляется зачаток первого моляра – на 5–6-м месяце внутриутробной жизни. Закладки остальных моляров происходят уже после рождения: зачаток второго моляра появляется на 5–6-м месяце жизни ребенка, а зачаток третьего моляра – на 5–6-м году жизни, что связано, вероятно, с ростом и удлинением челюстей. По мере их роста удлиняются и растут кзади зубные пластинки, концы которых смещаются в нижней челюсти в ее ветвь,

а в верхней – в верхнечелюстной бугор. Здесь и образуются эмалевые органы второго и третьего постоянных моляров. Только после этого зубная пластинка постепенно резорбируется и исчезает.

Само развитие постоянных зубов, дифференцировка зубных тканей происходят так же, как и молочных. В эмалевые органы постоянных зубов врастает снизу эктомезенхима и образуется зубной сосочек. В окружности зачатка постоянных зубов из эктомезенхимы формируется зубной мешочек, и дальнейшее развитие постоянных зубов идет так же, как и молочных. Разница заключается лишь во времени прохождения отдельных стадий и в большей длительности развития постоянных зубов (около 10 лет), особенно больших коренных зубов. Таким образом, в период, когда молочные зубы проходят последние стадии своего развития, в челюстях уже имеются закладки постоянных зубов, находящихся на более ранних стадиях. Поэтому у ребенка в возрасте с 3 до 6–7 лет в обеих челюстях при рентгенологическом исследовании можно обнаружить от 48 до 52 зубов, из которых 20 (молочные зубы) выполняют свою функцию, а остальные еще находятся на различных стадиях развития.

Обызвествления зачатков постоянных зубов до рождения не наблюдается, за исключением первого моляра. Точка обызвествления в одном из бугорков коронки этого зуба появляется на 9-м месяце внутриутробной жизни. Полное формирование коронки происходит к двум годам. Обызвествление резцов начинается у ребенка к 3–4 месяцам. Полное формирование коронки происходит у центральных резцов в 2–2,5 года, у боковых – к 3 годам. Клыки начинают обызвествляться с 4–5-месячного возраста, формирование коронки заканчивается в 4–4,5 года. Процесс минерализации малых коренных зубов начинается в конце 2-го – начале 3-го года жизни ребенка и заканчивается к 6–7 годам. Начало обызвествления вторых больших коренных зубов относится к 4–5 годам. Третьи постоянные моляры кальцифицируются к 13–15 годам.

Формирование корней медиальных резцов начинается в возрасте 3–3,5 года, боковых резцов – в 4–4,5 года, клыков – в возрасте 5,5–6 лет, первого моляра – в 4–6 лет. Корни медиальных резцов достигают полного развития на 9–10-м году, боковых – на 10–11-м году, клыков – к 12–15 годам; премоляров – к 12–14-ти годам, первых моляров – на 9–10-м году, вторых – в возрасте 14–16-ти лет, третьего моляра – от 18 до 25 лет.

## ПРОРЕЗЫВАНИЕ ЗУБОВ

Прорезывание зуба представляет собой процесс перемещения его из места закладки и развития внутри челюсти до появления коронки в полости рта. Это движение зуба является сложным, многофункциональным этапом в развитии зуба, поскольку сопровождается скоординированными изменениями в росте зубов, альвеолярных отростков и самих челюстей. В период прорезывания развивающиеся зубы совершают движения в различных направлениях, среди которых можно выделить следующие:

- вертикальное (аксиальное) движение в направлении длинной оси зуба;
- движение в дистальном, мезиальном, язычном или вестибулярном направлении (изменение положения в челюсти);
- вклинивание (боковое движение);
- ротация – движение вокруг продольной оси зуба.

Все эти движения позволяют сохранить постоянными отношения зубных зачатков к краю развивающегося альвеолярного отростка челюсти, что является необходимым условием для успешного завершения прорезывания зуба. В ходе прорезывания зуб проделывает в челюсти значительный путь, во время которого наблюдаются изменения тканей, окружающих зуб; развитие корня зуба; перестройка альвеолярной кости; развитие и перестройка периодонта.

В соединительной ткани десны, лежащей на пути движения прорезывающегося зуба, происходят регрессивные изменения, связанные с давлением зуба на ткань. Эти изменения вызывают ишемию (нарушение питания) и последующие атрофию и резорбцию ткани. Редуцированный эмалевый эпителий, покрывающий коронку зуба (образован наружным и промежуточным слоями эмалевого органа, а также энамелобластами, закончившими выработку эмали), выделяет ферменты, также способствующие разрушению соединительной ткани, отделяющей его от эпителия полости рта. Приближаясь к эпителию, выстилающему полость рта, эмалевый эпителий пролиферирует и в дальнейшем сливается с ним. Эпителий полости рта над коронкой зуба дегенерирует и через образовавшееся отверстие коронка прорезывается в полость рта, при этом кровотечение отсутствует, так как коронка продвигается через выстланный эпителием канал.

Проникнув в полость рта, коронка продолжает прорезываться, пока не займет окончательное положение в жевательной плоскости, встретившись с коронкой своего антагониста.

Редуцированный эмалевый эпителий остается прикрепленным к эмали непрорезавшейся части коронки, где он называется первичным эпителием прикрепления. В дальнейшем он замещается вторичным эпителием прикрепления, который является частью эпителия десны.

Регрессивные изменения в соединительной ткани, окружающей прорезывающийся зуб, происходят одновременно с интенсивным развитием его корня за счет одонтобластов, продуцирующих дентин, и эктомезенхимных клеток зубного мешочка, дифференцирующихся в цементобласты, которые откладывают цемент поверх дентина корня. В это же время наблюдаются рост волокон периодонта и перестройка альвеолярной кости. Интенсивное отложение костной ткани в одних участках сочетается с ее активной резорбцией в других. Выраженность этих изменений варьирует в течение всего времени прорезывания и неодинакова в разных зубах.

Отложение костной ткани происходит, как правило, в тех участках костной лунки, от которых происходит смещение зуба, а в участках, в сторону которых мигрирует зуб, наблюдается резорбция. Рассасывание костной ткани освобождает место растущему зубу, ослабляя сопротивление на пути его движения. Отложение кости обычно проявляется образованием костных трабекул, разделенных широкими промежутками.

В резцах участками усиленного отложения костных балок являются дно и язычная поверхность альвеолы, что указывает на смещение этих зубов в сторону губ при прорезывании.

Костная ткань в премолярах и молярах откладывается на дне и дистальных стенках зубной ячейки, что свидетельствует об их дополнительном медиальном смещении при осевом движении в ходе прорезывания.

В многокорневых зубах отложение костных балок наиболее интенсивно происходит в области будущей межкорневой перегородки.

Сроки прорезывания молочных зубов обусловлены физическим состоянием ребенка (условия жизни, питание, болезни и т.д.). У девочек зубы прорезываются немного раньше, чем у мальчиков.

Сроки прорезывания постоянных зубов варьируют в зависимости от пола, расы, условий жизни. Обычно прорезывание постоянных зубов начинается в возрасте 6–8 лет. Существует определенная последовательность прорезывания, хотя при вариациях сроков прорезывания отдельных зубов возможно ее нарушение. Раньше других в постоянной смене обычно прорезываются первые моляры, за ними

медиальные резцы, однако возможна и обратная последовательность. Второй премоляр может «опережать» второй моляр, но может и «отставать» от него. Точно так же возможна альтернативная вариабельность в отношении сроков прорезывания клыка и первого премоляра, так что у одних детей наблюдается последовательность  $C - P_1$ , а у других –  $P_1 - C$ . Клык обычно прорезывается раньше второго моляра, но отмечаются случаи, когда второй моляр (а иногда даже и третий) опережает клык. Особенно значителен размах вариаций прорезывания третьих моляров (зубов мудрости). Они часто появляются с большой задержкой, а иногда их не бывает совсем. Случаи врожденного отсутствия третьего моляра у современного человека нередки. Отмечается также врожденное отсутствие верхних латеральных резцов, нижних медиальных резцов и премоляров.

Процесс прорезывания постоянных замещающих зубов сопровождается выпадением молочных. В этот период происходит резорбция сначала зубных альвеол, а в дальнейшем – и корней зубов.

По мере того как постоянный зуб начинает свое вертикальное перемещение в челюсти, он оказывает возрастающее давление на альвеолярную кость, окружающую молочный зуб. В соединительной ткани, отделяющей альвеолу молочного зуба от коронки постоянного зуба, дифференцируются гигантские многоядерные клетки – остеокласты, которые активно резорбируют костную ткань.

После разрушения альвеолы в процессе продолжающегося вертикального перемещения постоянный зуб начинает оказывать давление теперь уже на корень молочного зуба. Вокруг последнего также из соединительной ткани дифференцируются остеокласты (одонтокласты), которые активно резорбируют ткани молочного зуба.

Одонтокласты располагаются на поверхности корня зуба в широких лакунах. Они крупных размеров, с многочисленными выростами цитоплазмы, содержащими большое количество лизосом и митохондрий, на стороне, обращенной к корню.

Разрушение тканей корня молочного зуба (дентина и цемента) одонтокластами включает их деминерализацию, фагоцитоз участков и их внутриклеточное переваривание. Локализация начальных участков резорбции корней зависит от расположения закладок замещающих зубов: у молочных резцов и клыков она начинается в апикальной области с язычной стороны, у молочных моляров – на межкорневой поверхности. В этом процессе участвуют также клетки пульпы молочного зуба, из которых также дифференцируются одонтокласты, разрушающие предентин и дентин со стороны пульпы зуба.

Процесс резорбции корней молочных зубов начинается задолго до прорезывания соответствующих постоянных зубов и протекает очень медленно и волнообразно: периоды усиленного рассасывания сменяются периодами покоя. В течение последних в тканях появляются цементобласты или фибробласты, деятельность которых приводит к частичному развитию репаративных процессов – отложению цемента или костеподобной ткани на поверхности разрушенного дентина.

Количество резорбированной ткани обычно бывает большим, чем вновь образованной. Поэтому процесс разрушения молочного зуба прогрессирует, что в итоге приводит к утрате связи зуба со стенкой альвеолы и выталкиванию пустой коронки в полость рта. Эта коронка выпадает обычно под действием растущего постоянного зуба, жевательных сил или при легком механическом воздействии на нее.

Выпадение молочных зубов, как правило, происходит симметрично на правой и левой сторонах каждой челюсти, причем у девочек быстрее, чем у мальчиков. За исключением вторых моляров, молочные зубы нижней челюсти выпадают раньше, чем соответствующие зубы верхней челюсти.

Механизм прорезывания в целом сходен у постоянных и молочных зубов. По мнению ряда авторов, прорезывание постоянных замещающих зубов облегчается благодаря наличию особой анатомической структуры – проводникового канала, или тяжа. Закладка такого постоянного зуба первоначально размещается, как отмечалось, в общей костной альвеоле с молочным зубом. В последующем она полностью окружается альвеолярной костью, за исключением небольшого узкого канала, содержащего остатки зубной пластинки и соединительную ткань. Вместе эти структуры называются проводниковым тяжем, который и способствует направленному движению постоянного зуба в ходе его прорезывания.

Прорезывание добавочных постоянных зубов (больших коренных зубов) не сопровождается разрушением корней молочных зубов, так как они не имеют предшественников, а совершается также, как и у обычных молочных зубов.

Первыми из постоянных зубов прорезываются первые моляры, как правило, сначала на нижней челюсти; за ними – медиальные резцы, латеральные резцы, первые премоляры, вторые премоляры и клыки, вторые моляры и, наконец, третьи моляры (зубы мудрости).

Полное развитие корней этих зубов завершается в течение 2–3 лет после прорезывания. Таким образом, процесс замещения молочных зубов постоянными растягивается на 14–17 лет. Поэтому примерно около 5–6 лет (с 6 до 12 лет) в челюстях ребенка наблюдается смешанный набор зубов.

Взгляды на объяснение биомеханики прорезывания зубов различных авторов неоднозначны. Существует ряд теорий прорезывания зубов: теория роста корня зуба, теория повышения гидростатического давления в пульпе зуба и в периапикальной области, теория перестройки костной ткани, теория тяги периодонта и др.

Согласно теории роста корня, процесс прорезывания является результатом «выталкивания» зуба из альвеолы растущим корнем. С позиции этой теории необъяснимым оказывается прорезывание зуба с несформированным корнем, сложность траектории движения зуба до начала прорезывания, а также отсутствие резорбции костной ткани зубной альвеолы, которая противостоит вершуске корня.

Теория повышения гидростатического давления в пульпе зуба и в области вершуски корня предполагает участие в механизмах прорезывания зуба процесса увеличения объема пульпы в направлении прорезывания, а также усиления кровоснабжения и проницаемости сосудов в области вершуски корня.

По теории перестройки костной ткани направление движения зуба при прорезывании определяется направлением роста костной ткани в области дна зубной альвеолы и резорбцией ее с противоположной стороны. С позиций этой теории трудно исключить преобразование костной ткани в качестве следствия самого прорезывания зуба.

Теория тяги периодонта предусматривает зависимость процесса прорезывания прежде всего от формирования периодонта, нарушение развития которого сопровождается остановкой прорезывания зуба.

По-видимому, каждая из существующих теорий прорезывания зуба отражает одну из сторон этого сложного процесса.

### **Возрастные изменения зубов**

В постнатальном онтогенезе выделяют возрастные периоды с характерной морфологической картиной. Сроки формирования и прорезывания молочных и постоянных зубов, по мнению различных исследователей, колеблются в определенных пределах, которые

рассматриваются как варианты нормы. Относительно стабильным показателем гармоничного развития челюстно-лицевой области является последовательность прорезывания зубов.

У новорожденного в челюстях располагаются фолликулы всех 20 молочных зубов и 16 постоянных (резцов, клыков и первых моляров). В этот период коронки молочных резцов минерализованы на  $\frac{2}{3}$  их высоты, а коронки клыков – на  $\frac{1}{3}$ . У первых молочных моляров четко определяются границы фолликула и начинается минерализация бугров жевательной поверхности. У вторых молочных моляров определяется точечная минерализация бугров жевательной поверхности. Кальцифицирован медиально-вестибулярный бугорок у первых постоянных моляров.

Развивающиеся фолликулы постоянных зубов на нижней челюсти располагаются с язычной стороны от молочных, но они еще неминерализованы. На верхней челюсти фолликулы постоянных зубов локализуются под орбитами, также с язычной стороны от молочных.

**Период молочного прикуса** начинается с шести месяцев после прорезывания медиальных резцов нижней челюсти. Молочные зубы, как правило, прорезываются через временные интервалы, мало отличающиеся друг от друга.

Следующими прорезываются медиальные резцы верхней челюсти, затем – латеральные резцы нижней и верхней челюстей. Таким образом, в возрасте одного года у ребенка прорезываются все резцы, однако корни их еще не развиты.

У первых молочных моляров корни сформированы на  $\frac{2}{3}$  высоты, что является поводом к началу их прорезывания. Коронка вторых молочных моляров минерализована. Кальцифицирована окклюзионная поверхность первых постоянных моляров и началась минерализация постоянных резцов и клыков.

Одним из важных моментов в периоде образования молочного прикуса является прорезывание первых молочных моляров. С их прорезыванием устанавливается высота прикуса, что позволяет молочным клыкам занять правильную позицию между резцами и первыми молочными молярами.

В этот период корни молочных резцов практически закончили свое развитие, у молочных клыков образуется верхушка корня и на  $\frac{2}{3}$  сформированы корни вторых молочных моляров, которые готовы к прорезыванию и закрыты только слизистой оболочкой.

Коронки постоянных резцов минерализованные, на  $\frac{1}{3}$  сформированы коронки клыков. Практически полностью кальцифициро-



ваны коронки первых постоянных моляров, которые располагаются позади вторых молочных моляров.

К 2,5–3 годам, после прорезывания вторых молочных моляров и установления окклюзионных взаимоотношений между зубными рядами челюстей, заканчивается период становления молочного прикуса.

Корни молочных зубов практически сформированы. Полости зубов имеют значительные относительные размеры, каналы корней сравнительно широкие у всех групп зубов.

В этот период рентгенологически определяется сформированность коронок постоянных резцов. Коронки клыков кальцифицированы на 2/3 их высоты. Начинается процесс образования премоляров и вторых постоянных моляров.

С 4,5 до 6–7 лет длится период, предшествующий смене прикуса, который называют периодом «изнашивания», «стираемости» молочного прикуса. Начинается резорбция корней молочных зубов. В этот период формируются корни постоянных резцов и первых моляров, продолжается минерализация коронок премоляров и вторых постоянных моляров.

Постоянные зубы имеют тенденцию к групповому прорезыванию, последовательность которого имеет важное клиническое значение. Первая группа прорезывающихся постоянных зубов включает в себя медиальные резцы нижней челюсти и первые постоянные моляры.

Более благоприятным фактором, свидетельствующим о правильном формировании прикуса, предохраняющим прикус от снижения, считается прорезывание первых постоянных моляров позади молочных зубов. Первые постоянные моляры называют «ключом окклюзии», и с их прорезыванием связан второй этап подъема высоты прикуса.

Нередко первыми появляются медиальные резцы на нижней челюсти, затем прорезываются первые постоянные моляры на нижней и верхней челюстях.

В норме эти зубы прорезываются практически в одно и то же время, но, как правило, нижние первые моляры раньше верхних. Изменение очередности прорезывания зубов в пределах указанной группы рассматривается как норма и не считается аномалией сроков прорезывания зубов.

В этот период продолжается интенсивная резорбция корней молочных резцов и начинается резорбция корней молочных клыков.

Корни постоянных резцов сформированы более чем наполовину своей высоты. Кальцифицированы коронки вторых постоянных моляров и премоляров.

Следующей прорезывается группа резцов верхней и нижней челюстей, что соответствует 7–9-летнему возрасту ребенка.

В этот период резорбируются корни молочных моляров. Коронки премоляров и вторых постоянных моляров уже полностью минерализованы. Отверстия вершук корней первых постоянных моляров широкие. Постоянные клыки располагаются в челюстях глубже всех зубов. Корни прорезавшихся резцов находятся близко к полости носа.

После небольшого перерыва прорезывается следующая группа зубов: клыки и первые премоляры нижней челюсти и первые премоляры верхней челюсти (у ребенка 9–12-летнего возраста). На нижней челюсти нередко клыки прорезываются раньше премоляров либо одновременно с ними.

Постоянные резцы полностью развиты. Корни вторых премоляров и клыков верхней челюсти сформированы более чем наполовину. Началась минерализация третьих моляров. Корни вторых молочных моляров резорбированы.

К 12–13 годам, после прорезывания клыков верхней челюсти и вторых премоляров, завершается период сменного прикуса.

Корни вторых постоянных моляров сформированы более чем наполовину окончательной высоты. Коронки третьих моляров минерализованы полностью.

Период постоянного прикуса характеризуется прорезыванием вторых постоянных моляров. Полное развитие зубов происходит спустя 2–3 года после их прорезывания.

Сигналом нарушения нормального развития «гнато-фациального комплекса» является изменение последовательности прорезывания, а не среднестатистических сроков развития.

Например, задержка прорезывания постоянного клыка к 14 годам будет в пределах нормы, если еще не прорезался второй премоляр. Если второй премоляр прорезался в 12 лет, а клыки еще не прорезались, это должно насторожить клинициста и обязывает его к проведению рентгенологического исследования и выяснения этиологии нарушения развития зуба.

Настороженность у клиницистов должны вызывать следующие нарушения очередности прорезывания:

– прорезывание второго постоянного моляра раньше второго премоляра нижней челюсти;

– прорезывание постоянных клыков раньше первых премоляров верхней челюсти;

– асимметрия в прорезывании зубов правой и левой сторон.

С возрастом изменяется макро- и микроструктура зубов. Одним из признаков «старения» зубов является изменение их цвета: эмаль становится более темной и принимает желтовато-коричневый оттенок. Потемнение эмали объясняется образованием вторичного дентина, ретракцией (сокращением объема) и изменением морфологии пульпы. Пожелтение коронки обусловлено образованием липохромов и ороговением кутикулы эмали (процесс, аналогичный старческим изменениям кожи).

Признаком возрастных изменений зубов являются трещины эмали на вестибулярной поверхности коронок. При электронной микроскопии в них определяются очень мелкие апатиты и минерализованные бактерии, похожие на зубной камень.

В период прорезывания постоянных зубов их полости имеют сравнительно большие размеры. Со временем дентин откладывается на внутренней стороне так, что полость зуба постепенно уменьшается. Этот процесс происходит достаточно интенсивно с 13 до 19 лет, когда объем полости коронки уменьшается почти вдвое по сравнению с таковым в момент прорезывания зуба. Затем интенсивность отложения дентина снижается, но продолжается на протяжении всей жизни пульпы зуба.

Вторичный дентин в зубах пожилых людей состоит из уменьшенного количества суженных дентинных канальцев, которые могут даже отсутствовать. Дентин принимает желтую окраску и становится менее чувствительным к различным раздражителям. Наблюдаются случаи превращения дентина в гомогенную прозрачную массу.

В зрелом возрасте, несмотря на уменьшение объема полости зуба, функциональные способности пульпы сохраняются. Возрастные изменения начинаются с периферических участков пульпы и характеризуются сосудистыми изменениями (артериолосклероз, варикозное расширение венул); уменьшением количества, размеров и формы одонтобластов; частичной вакуольной дистрофией слоя одонтобластов; склерозированием соединительнотканых волокон; появлением петрификатов и понижением интенсивности обменных процессов.

Цемент корня с возрастом утолщается. У пожилых людей он в три раза толще, чем в корнях зубов молодых людей. Иногда наблюдается проникновение цемента через отверстие верхушки в канал корня. Отмечается возрастная стираемость режущего края,

бугорков на жевательной поверхности и аппроксимальных поверхностях зубов. В определенных возрастных границах это рассматривается как процесс физиологический.

Возрастные изменения по степени стертости зубов оценивают в баллах:

- отсутствие стертости (0 баллов) – до 16 лет;
- сглаженность бугорков (1 балл) – 16–20 лет;
- появление дентина на бугорках и режущем крае (2 балла) – 20–30 лет;
- стертость жевательной поверхности, при которой эмаль сохраняется в пределах борозд (3 балла) – 30–50 лет;
- полная стертость эмали (4 балла) – 50–60 лет;
- отсутствие половины коронки (5 баллов) – 60–70 лет;
- полное стирание коронки до шейки зуба (6 баллов) – старше 70 лет.

Возрастная стираемость зависит от принадлежности зуба к определенному классу. С учетом этого Р. П. Самусев, С. В. Дмитриенко, А. И. Краюшкин (2002) оценивают ее степень по различным шкалам: для резцов и клыков – по четырехбалльной шкале, а для премоляров и моляров – по пятибалльной (табл. 1).

*Таблица 1*

**Стираемость зубов в зависимости от возраста**

| Зубы  | Возраст, годы | Стираемость зубов                                                                                               |                                                                                                                 |
|-------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |               | верхней челюсти                                                                                                 | нижней челюсти                                                                                                  |
| 1     | 2             | 3                                                                                                               | 4                                                                                                               |
| Резцы | 20–29         | 1 балл: стирание эмали посередине режущего края                                                                 | 1 балл: стирание эмали посередине режущего края                                                                 |
|       | 30–39         | 2 балла: стирание эмали мезиального угла и режущего края, обнажение дентина в виде черточки                     | 2 балла: стирание эмали на обоих углах, обнажение дентина на режущем крае в виде черточки                       |
|       | 40–49         | 3 балла: стирание эмали дистального угла, обнажение дентина на режущем крае в виде полосы                       | 3 балла: обнажение дентина на режущем крае в виде полосы                                                        |
|       | Старше 50     | 4 балла: стирание эмали на язычной поверхности, обнажение дентина на режущем крае и углах коронки в виде полосы | 4 балла: стирание эмали на язычной поверхности, обнажение дентина в виде полосы на режущем крае и углах коронки |

| 1         | 2         | 3                                                                                                                                                        | 4                                                                                                                                                          |
|-----------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Клыки     | 20–29     | 1 балл: стирание эмали главного бугорка                                                                                                                  | 1 балл: стирание эмали главного бугорка                                                                                                                    |
|           | 30–39     | 2 балла: стирание эмали мезиального ската главного бугорка                                                                                               | 2 балла: стирание эмали расширяется в вестибулярную сторону                                                                                                |
|           | 40–49     | 3 балла: стирание эмали на обоих скатах бугорка, обнажение дентина главного бугорка в виде точки                                                         | 3 балла: стирание эмали на обоих скатах бугорка, обнажение дентина главного бугорка в виде точки                                                           |
|           | Старше 50 | 4 балла: стирание эмали на язычной поверхности                                                                                                           | 4 балла: стирание эмали на вестибулярной поверхности и обнажение дентина бугорка в виде полосы                                                             |
| Премоляры | 20–29     | 1 балл: стирание эмали жевательных бугорков                                                                                                              | 1 балл: стирание эмали верхушки вестибулярного бугорка                                                                                                     |
|           | 30–39     | 2 балла: стирание жевательных бугорков, больше язычных                                                                                                   | 2 балла: стирание эмали вестибулярного бугорка                                                                                                             |
|           | 40–49     | 3 балла: слияние площадок стершейся эмали с дистальной стороны, обнажение дентина вестибулярного бугорка                                                 | 3 балла: стирание эмали обоих бугорков и соединение площадок; точечное обнажение дентина вестибулярных бугорков                                            |
|           | Старше 50 | 4 балла: обнажение дентина обоих бугорков, эмаль сохранена в глубине борозд первого порядка<br>5 баллов: стирание коронки примерно на половину ее высоты | 4 балла: обнажение дентина обоих бугорков, эмаль сохранена в глубине борозд первого порядка<br>5 баллов: стирание коронки примерно на одну треть ее высоты |

| 1      | 2         | 3                                                                                                         | 4                                                                                                |
|--------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Моляры | 20–29     | 1 балл: стирание эмали верхушек язычных бугорков                                                          | 1 балл: стирание эмали верхушек вестибулярных бугорков                                           |
|        | 30–39     | 2 балла: стирание эмали язычных и верхушек вестибулярных бугорков                                         | 2 балла: стирание эмали щечных и верхушек язычных бугорков                                       |
|        | 40–49     | 3 балла: стирание эмали жевательных бугорков, обнажение дентина                                           | 3 балла: обнажение дентина на бугорках в виде точек                                              |
|        | Старше 50 | 4 балла: обнажение дентина в области бугорков в виде точек<br>5 баллов: обнажение дентина в виде площадки | 4 балла: полное стирание эмали; обнажение дентина<br>5 баллов: обнажение дентина в виде площадки |

Б. А. Никитюк, В. П. Чтецов (1990) приводят другую схему оценки стираемости зубов (табл. 2).

Таблица 2

## Степень стирания зубов

| Балл                     | Состояние зуба                                                                                                                                                              |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Для резцов и клыков      |                                                                                                                                                                             |
| 0                        | Полное отсутствие стертости; четко видны бугорки режущего края на резцах                                                                                                    |
| 1                        | Стерты бугорки режущего края, на клыках несколько сошлифован либо округлен главный бугорок                                                                                  |
| 2                        | На режущем крае резцов появляется узкая полоска дентина; на клыках – точка дентина на главном бугорке                                                                       |
| 3                        | Образование широкой дентинной площадки: на резцах – продолговатой формы, на клыках – округлой                                                                               |
| 4                        | Стирание коронки примерно до половины ее высоты                                                                                                                             |
| 5                        | Полное стирание коронки до шейки                                                                                                                                            |
| Для моляров и премоляров |                                                                                                                                                                             |
| 0                        | Полное отсутствие стирания, недавно прорезавшийся зуб                                                                                                                       |
| 1                        | На некоторых участках коронки наблюдаются сошлифованные поверхности, вершины бугорков сглажены и округлены                                                                  |
| 2                        | Появление отдельных точек обнажающегося дентина на вершинах бугорков                                                                                                        |
| 3                        | Стирание всех выступающих частей коронки с образованием больших участков открытого дентина, эмаль сохраняется лишь в центральной ямке и межбугорковых бороздах              |
| 4                        | Полное стирание всей эмали, вся жевательная поверхность состоит из обнаженного дентина, интенсивное отложение вторичного дентина, препятствующего вскрытию пульповой камеры |
| 5                        | Стирание коронки до половины ее высоты                                                                                                                                      |
| 6                        | Полное стирание коронки до шейки                                                                                                                                            |

Определение возраста лучше всего проводить по молярам, так как характер стертости резцов и клыков сильно зависит от прикуса (табл. 3).

*Таблица 3*

**Зависимость степени стертости моляров (в баллах) от возраста  
(по М. М. Герасимову)**

| Возраст, лет | M <sub>1</sub> | M <sub>2</sub> | Возраст, лет | M <sub>1</sub> | M <sub>2</sub> |
|--------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|
| 10–13        | 0              | 0              | 25–30        | 2–3            | 2              |
| 13–14        | 0              | 0              | 30–35        | 3              | 2–3            |
| 14–16        | 1              | 0              | 35–40        | 3–4            | 3              |
| 16–18        | 1              | 0              | 40–50        | 4              | 3–4            |
| 18–20        | 2              | 1              | 50–60        | 5              | 4–5            |
| 20–25        | 2              | 2              | 60–70        | 5–6            | 5              |

При возрастной характеристике степени стертости зубов учитывают также индивидуально-типологическую особенность жевания и повышенную стираемость зубов на функционально-доминирующей стороне жевания. Стираемость зубов обусловлена многими причинами, и степень ее выраженности колеблется в широких пределах.

## СТРОЕНИЕ ЭМАЛИ

**Эмаль** (*enamelum*) покрывает коронку зуба, формируя весьма прочный и устойчивый против стирания покров. Толщина слоя эмали в различных отделах коронки постоянных зубов неодинакова и колеблется от 1,7–2,5 мм на уровне жевательных бугорков моляров до 0,01 мм в области шейки зуба. Молочные зубы имеют слой эмали, не превышающий 0,8–1,0 мм.

Зрелая эмаль является самой твердой тканью в теле человека (эмаль называют тканью условно, поскольку она не содержит клеток и является производной эпителия, который ее секретирует и минерализует). По твердости ее нередко сравнивают с кварцем. Наиболее твердые – поверхностные слои эмали. По направлению к дентино-эмалевой границе твердость эмали постепенно снижается: она самая высокая у режущего края и уменьшается к пришеечной части коронки зуба.

Твердость эмали объясняется тем, что эмаль на 96–99 % состоит из неорганической основы (солей) и лишь на 1–4 % – из органической (белки и вода). Неорганическую основу представляет в основном фосфат кальция в форме кристаллов гидроксиапатита, что делает ее схожей с другими минерализованными тканями тела (кость, дентин, цемент). Однако этим сходство ограничивается.

Уникальность эмали состоит в следующем:

- эмаль происходит из эктодермы;
  - органическая основа (матрица) эмали неколлагеновая по своей природе;
  - кристаллы эмалевого апатита намного больше его кристаллов в других минерализованных тканях;
  - в зрелой эмали нет клеток; клетки на определенном этапе энамелогенеза резорбируются, тогда как новые не появляются.
- В связи с этим роста зрелой эмали не происходит.

Эмаль – исключительно твердая ткань, что позволяет ей успешно противостоять усилиям при жевании и другим механическим нагрузкам. Однако при этом возрастает ее хрупкость; если бы не подлежащий упругий дентин, то эмаль постоянно растрескивалась бы при значительной нагрузке. Несмотря на такую твердость, зрелая эмаль обладает определенной проницаемостью для веществ, находящихся в слюне и пище.

Цвет эмали может меняться от желтого до различных оттенков серо-белого или серого, что зависит от прозрачности ткани: чем она прозрачнее, тем больше просвечивает дентин желтого цвета. Оттен-



ки голубого цвета наиболее заметны у режущего края, где нет подлежащего дентина. Прозрачность эмали связана с высокой степенью ее минерализации и гомогенности, на которую влияет также толщина эмали.

Отмеченные структурно-функциональные особенности эмали объясняются определенными количественными взаимоотношениями органического и неорганического веществ (матриц) эмали.

В отличие от органических матриц других минерализованных тканей, формирующихся на основе коллагенов, органическая основа эмали состоит из неколлагеновых протеинов с общим названием «эмалевые протеины» (белки).

Исследование синтеза белков эмали радиоизотопными и биохимическими методами показало, что эмалевые протеины являются гликозированными полипептидами, синтезированными и выделенными (посредством мерокринного механизма) энамелобластами.

Современные биохимические исследования позволили выделить два различных класса эмалевых протеинов – энамелины и амелогенины. Энамелин является кислым гликопротеином с большой молекулярной массой – 72 000. Амелогенин, в свою очередь, – это гидрофильный, богатый пролином гликопротеин с молекулярной массой 30 000.

Энамелины характеризуются также высоким уровнем содержания глицина, серина (фосфосерина), аспарагиновой и глутаминовой кислот (последняя находится, вероятно, в форме гамма-карбоксиглутаминовой кислоты, имеющей тесное сродство к кальцию). Амелогенины в дополнение к пролину обогащены лейцином, гистидином и глутаминовой кислотой.

В органической матрице эмали также присутствуют гликозаминогликаны, протеогликаны и различные классы липидов. Эти органические вещества играют определенную роль в кальцификации протеинов.

В эмали представлены следующие неорганические вещества (в процентах):

- гидроксиапатит – 75,04;
- карбонапатит – 12,06;
- хлорапатит – 4,39;
- фторапатит – 0,66;
- карбонат кальция – 1,33;
- карбонат магния – 1,62.

В составе соединений кальция составляет 37 %, а фосфор – 17 %. Таким образом, как и в кости, дентине и цементе, основным

минералом эмали является фосфат кальция в форме кристаллической гидроксиапатитной решетки.

В отличие от других кальцинированных тканей кристаллы апатита в виде пластинок гексагональной формы в эмали исключительно велики. Их длина составляет в среднем около 200 нм, хотя встречаются кристаллы размером 500–600 нм.

В кости и дентине кристаллы апатита небольшие, тонкие, игольчатые. При образовании эмалевого кристаллического гидроксиапатита не возникает аморфного фосфата кальция, как в кости или дентине.

Кристаллы апатита эмали, помимо кальция, содержат фосфаты и гидроксильные остатки, а также натрий, магний, карбонаты. Концентрация этих веществ достаточно высока около дентиноэмалевого соединения и резко уменьшается ближе к поверхности эмали.

В поверхностных слоях эмали больше концентрация таких элементов, как фтор, свинец, цинк, в глубоких слоях зрелой эмали содержание их меньше. Этот ионный градиент имеет определенное функциональное значение: фтор, свинец и цинк, включенные в эмалевый гидроксиапатит, придают его кристаллам высокую прочность и сопротивляемость кислотам. Такая эмаль отличается значительной сопротивляемостью кариесу, поскольку проницаемость на ее поверхности снижена.

Ионы, связанные с кристаллами гидроксиапатита эмали, передают ее глубоким слоям больше воды и растворимых кислот. Такая эмаль менее подвержена поражениям и обладает высокой сопротивляемостью к раскалыванию вдоль дентиноэмалевого соединения.

В эмали имеется также незначительное количество алюминия, меди, молибдена, стронция, серы, олова и титана.

Поверхностный слой эмали отличается своими физико-химическими характеристиками. Он непроницаем для рентгеновских лучей, тверже и менее проницаем по сравнению с более глубокими слоями эмали. В поверхностном слое эмали в 5–10 раз больше фтора и более высокая концентрация углеводов. Некоторыми из этих качеств обладает поверхностная эмаль непрорезавшихся зубов. Это различие увеличивается после прорезывания зуба вследствие абсорбции веществ из слюны и пищи.

Эмаль не содержит клеток и не способна к регенерации, но в ней постоянно происходит метаболизм ионов, в основном поступающих в нее как со стороны подлежащих зубных тканей (дентин, пульпа), так и из слюны.

Поступление ионов одновременно сопровождается их удалением из эмали (деминерализацией), что увеличивает или уменьшает проницаемость эмали.

Сдвиг процесса в ту или иную сторону зависит от ряда факторов, в том числе от содержания макро- и микроэлементов в слюне, pH в полости рта и на поверхности зуба.

Степень проницаемости эмали неодинакова в различные периоды развития зуба и снижается с возрастом. Поэтому эмаль постоянного зуба молодого человека более проницаема, чем эмаль зуба пожилого человека.

Эмаль состоит из эмалевых призм (*prismae enameli*) и склеивающего их межпризматического вещества. Призмы, которых насчитывается несколько миллионов в каждом зубе, представляют собой тонкие удлиненные образования, проходящие через всю толщу эмали. Толщина призм колеблется от 3 до 6 мкм.

Длина эмалевых призм неодинакова в разных отделах коронки зуба, в большинстве случаев она больше толщины слоя эмали. Вследствие этого эмалевые призмы, собранные в пучки, образуют волнообразные изгибы по своему ходу в виде буквы S. Поэтому на шлифах зуба невозможно проследить ход каждой отдельной призмы от дентиноэмалевой границы до поверхности зуба. Эмалевые призмы располагаются пучками в радиальном направлении, почти под прямым углом к дентиноэмалевому соединению.

В области жевательных бугорков или режущего края зубов они лежат параллельно длинной оси зуба, а на боковых поверхностях коронки постепенно перемещаются в плоскость, перпендикулярную к длинной оси зуба, или несколько уклоняются от нее в сторону верхушки корня.

Вследствие того что эмалевые призмы имеют по своему ходу S-образную изогнутость, на продольном шлифе зуба не удастся разрезать каждую эмалевую призму строго продольно на всем ее протяжении. Одни участки призм оказываются сошлифованными в продольном направлении, а их продолжения – в поперечном или косом.

Правильное чередование поперечных (диазоны) и продольных (паразоны) шлифов пучков эмалевых призм при их изучении в отраженном свете предстает в виде темных и светлых полос, пересекающих в радиальном направлении всю толщу эмали и называемых полосами Гунтера – Шрегера. Они хорошо заметны даже при малом увеличении. Начинаясь от дентиноэмалевого соединения, эти полосы в виде темных и светлых дуг идут кнаружи, заканчиваясь недалеко от наружной поверхности эмали.

В эмали часто бывают видны полосы Ретциуса, пересекающие полосы Гунтера – Шрегера под острым углом.

Как правило, они бывают окрашены в желтовато-коричневый цвет, усиливающийся с возрастом. Наиболее многочисленные и вместе с тем наиболее короткие полосы Ретциуса имеются в эмали боковых поверхностей коронки зуба.

Начинаясь от дентиноэмалевого соединения, они косо пересекают всю толщу эмали и заканчиваются на ее поверхности бороздами, отделенными друг от друга валиками. Эти валики высотой 2–4 мкм и шириной 30–150 мкм, располагаясь горизонтально параллельными рядами, опоясывают всю окружность зуба. Они носят название «перикиматий» (*perikymata*) и особенно отчетливо видны в пришеечной области.

Перикиматий исчезает с возрастом в связи со стиранием наружной поверхности эмали. В молочных зубах он выражен значительно слабее, чем в постоянных.

На дне бороздок выявляются многочисленные мелкие вдавления (ямки) на поверхности эмали глубиной 0,5–3,0 мкм, которые появляются в процессе развития и соответствуют расположению волокон (отростков) Томса энамелобластов на завершающих стадиях секреции эмали.

По направлению к жевательной поверхности зуба полосы Ретциуса удлиняются. Некоторые из них, начинаясь у дентиноэмальной границы на боковой поверхности зуба, дугообразно огибают область бугорка на жевательной поверхности и заканчиваются у дентиноэмальной границы противоположной поверхности коронки зуба.

На поперечных шлифах зубов полосы Ретциуса располагаются в виде концентрических кругов, которые отдельные авторы сравнивают с годичными кольцами роста на поперечном срезе ствола дерева. По мнению большинства исследователей, полосы Ретциуса представляют собой границы между последовательно возникающими в процессе развития зуба слоями эмали и являются участками с пониженным содержанием солей извести (зоны покоя), отражающими периодичность этого процесса. Поскольку в эмали имеется 7–9 полосок Ретциуса, расположенных с интервалом около 16 мкм, то их формирование обусловлено ритмическим процессом с периодом около недели.

Полоски Ретциуса (ростовые линии эмали) наиболее отчетливо выражены в эмали постоянных зубов. Число их увеличивается при

нарушениях процессов образования эмали. Так, среди этих линий иногда выделяют неонатальную линию – четко выраженную ростовую линию, соответствующую перинатальному периоду длительностью 1–1,5 недели, когда нарушается образование эмали. Эта линия определяется во всех молочных зубах и первых постоянных молярах и разделяет эмаль, образованную до и после рождения.

При светооптической микроскопии по ходу эмалевых призм наблюдается правильное чередование темных и светлых участков, или полосок, которые придают исчерченный вид всей призме.

Расстояние между полосками приблизительно одинаковое и равно 4 мкм. Эта поперечная исчерченность, по мнению многих авторов, является отражением суточного ритма в отложении солей кальция в процессе развития эмалевых призм, т.е. различной интенсивности их минерализации днем и ночью.

На поперечных шлифах зуба призмы имеют овальную, гексагональную, полигональную или (чаще у человека) форму аркад, напоминающую чешую или замочную скважину.

По мнению R. Frank (1979), такая форма призм возникает вследствие неравномерного обызвествления эмалевых призм в процессе их развития. Одна сторона призм минерализуется и делается твердой раньше, чем другая, что вызывает сдавление более мягкой части призмы. Установлено, что только 2 % исследованных призм имели правильную гексагональную форму, 57 % – форму аркад, 31 % призм были полигональными или овальными и только 10 % – неправильной формы.

Диаметр призм неодинаковый: он увеличивается от дентино-эмалевой границы к поверхности эмали в 1,5–2 раза; в связи с этим наружная поверхность эмали превышает внутреннюю, граничащую с дентином, откуда начинаются эмалевые призмы.

Эмалевые призмы состоят из плотных кристаллов гидроксиапатита и кальциевого фосфата. Каждый кристалл толщиной в среднем 25–40 нм, шириной 40–90 нм и длиной 100–1000 нм, покрыт гидратной оболочкой толщиной около 1 нм. Микропространства между кристаллами заполнены водой (эмалевая жидкость), служащей переносчиком ионов и молекул ряда веществ.

В центральной части каждой призмы кристаллы лежат параллельно ее длинной оси, на периферии же они удаляются от этой оси, образуя с ней все больший угол. При аркадной конфигурации эмалевых призм этот угол составляет 40–65°.

Эмалевые призмы связаны между собой склеивающим межпризматическим веществом толщиной менее 1 мкм, которое также обызвествлено, хотя и в меньшей степени, чем призмы.

Призмы аркадной формы находятся в непосредственном контакте друг с другом, так что межпризматическое вещество как таковое практически отсутствует. В межпризматическом веществе кристаллы апатита имеют косую направленность по отношению к призмам, часто расположены под прямым углом к ним.

Межпризматическое вещество обладает меньшей прочностью, чем эмалевые призмы, поэтому возникающие в эмали трещины обычно проходят по нему, не затрагивая призмы.

С поверхности эмалевая призма окружена оболочкой (кора призмы), которая меньше кальцифицирована, чем остальная часть призмы, легче окрашивается и лучше сопротивляется действию кислот, чем сома призмы или межпризматическое вещество. Благодаря оболочке каждая призма отграничена от межпризматического вещества.

Электронно-микроскопические исследования позволили обнаружить неоднородность внутреннего содержимого эмалевых призм и наличие в их составе органического компонента. Последний имеет фибриллярную структуру и вид тонкой белковой сеточки, равномерно пронизывающей всю призму и межпризматическое вещество. В петлях этой сети располагаются кристаллы гидроксиапатита.

Самый внутренний слой эмали (толщиной 5–10 мкм) у дентиноэмалевой границы не содержит призм (начальная эмаль). В этом слое имеются мелкие кристаллы гидроксиапатита толщиной около 3–5 нм. Эти кристаллы залегают почти перпендикулярно к поверхности эмали и переходят в более глубокий слой, включающий плотно расположенные кристаллы размером 40–50 нм, лежащие под прямым углом к поверхности эмали. Наличие беспризменной эмали связано с отсутствием волокон Томса в начальном периоде ее образования.

Аналогичным образом на завершающих этапах формирования эмали, когда у энамелобластов исчезают волокна Томса, образуется наиболее наружный слой эмали (конечная эмаль), в котором также отсутствуют эмалевые призмы. Слой конечной эмали значительно выражен в постоянных зубах, поэтому на поверхности молочных зубов обнаруживается преимущественно призматическая структура, поверхность же постоянных зубов на большем своем протяжении гладкая.

С помощью сканирующего электронного микроскопа на поверхности эмали коронок зубов выявляют и другие структуры: отверстия диаметром 1–2 мкм в области беспризмных участков, а также микротрещины шириной 0,3–0,6 мкм, которые окружают группы в 20–30 призм, создавая в совокупности структуру в виде сот.

Своеобразными структурами, присущими зрелой эмали, являются эмалевые пластинки и эмалевые пучки. И те, и другие представляют собой участки недостаточно обызвествленных эмалевых призм и межпризматического вещества, но отличаются друг от друга формой и положением в толще эмали.

Эмалевые пластинки – это тонкие листообразные структуры, проходящие через всю толщу эмали и содержащие белки эмали и органические вещества из полости рта. Их больше в области шейки зуба. Они видны только на поперечных шлифах, имеют сходство с трещинами эмали, но в отличие от последних заполнены органическим веществом, которое сохраняется после декальцинации.

Эмалевые пучки в виде мелких конусовидных образований, сходных с пучками травы, располагаются у дентиноэмалевой границы и в отличие от эмалевых пластинок проникают лишь во внутренние отделы эмали. Расстояние между пучками составляет 30–100 мкм. Эмалевые пластинки и пучки могут служить входными воротами для бактерий и начальными пунктами для развития кариеса.

Эмалевые веретена. Во внутренней трети эмали перпендикулярно к дентиноэмалевой границе располагаются веретенообразные или булавовидные структуры, которые не совпадают по своему ходу с эмалевыми призмами.

Происхождение эмалевых веретен связывают с тем, что в период онтогенеза часть отростков одонтобластов проходит через дентиноэмалевое соединение, по-видимому, для более тесной информационной связи с дифференцированными секреторными энамелобластами. В процессе энамелогенеза эти структуры оказываются внутри минерализованного эмалевого вещества, сохраняясь в зрелой эмали в виде эмалевых веретен. Таким образом, структурно это дентинные трубочки, содержащие в зрелом зубе внеклеточную жидкость и другие органические компоненты.

### **Возрастные изменения эмали**

С возрастом происходит постепенное стирание поверхностных слоев эмали, особенно в частях коронки, участвующих в акте жева-

ния (жевательные и резцовые поверхности зубов). Зрелая эмаль не обладает способностью к самовоспроизведению, поэтому потери ткани на трение ничем не компенсируются. Это ведет к уменьшению вертикального размера коронки и уплощению контактных поверхностей.

Снижается также проницаемость эмали, что связано, с одной стороны, с увеличением размеров кристаллов апатита и соответствующим уменьшением содержания воды в зрелой эмали, а с другой – с прогрессивным увеличением количества фтора, а также кальция, фосфора и цинка на поверхности эмали.

Следует отметить также, что с возрастом наблюдается редукция в распространении кариеса. Причины этого феномена связаны, по-видимому, не только с возрастными изменениями физического состава эмали, но и с диетическими факторами, трением восприимчивых к кариесу поверхностей и т.д.

Изменяется цвет зубов. Потемнение эмали объясняют не только изменениями структуры эмали, но и возрастной перестройкой дентина зуба.



# СТРОЕНИЕ ДЕНТИНА И ЦЕМЕНТА

## Строение дентина

**Дентин** (*dentinum*) – ткань, образующая основную массу зуба и определяющая его форму. У человека дентин в области коронки покрыт эмалью, а в области корня – цементом. Таким образом, в здоровом зубе дентин нигде не соприкасается с внешней средой и тканями, окружающими зуб. Как и эмаль, зрелый дентин – другая окостеневшая ткань зуба. По своему образованию, структуре и физиологическим особенностям дентин, скорее всего, ближе к компактной грубоволокнистой костной ткани, но отличается от нее большей твердостью и отсутствием клеток.

Дентин и кость объединяют некоторые похожие свойства:

- рост путем присоединения (аппозиции);
- наличие каналикулярной системы, содержащей отростки клеток, а также специализированной внеклеточной жидкости и минерализующих пузырьков матрикса;
- строение органического матрикса из коллагенов.

Вместе с тем между этими двумя тканями очевидны явные различия.

Основные особенности дентина:

- дентин происходит из эктомезенхимы (клеток краниальной части нервного гребешка);
- дентин восстанавливается и видоизменяется в течение всей жизни индивидуума;
- дентин – это бесклеточная ткань (содержит только отростки одонтобластов), не имеющая кровеносных сосудов;
- одонтобласты участвуют и в образовании, и в минерализации органической основы дентина.

Дентин имеет светло-желтую окраску, обладает некоторой эластичностью, он прочнее кости и цемента, но в 4–5 раз мягче эмали. Высокая твердость дентина объясняется наличием в нем большого количества минеральных солей, содержание которых доходит до 70–80 %, в то время как остальные 20–30 % составляют органические вещества (12–18 %) и вода (8–12 %). В связи с этим в зрелом дентине выделяют органический и неорганический компоненты (матрикс).

Органический матрикс дентина состоит из коллагена. Под электронным микроскопом видны довольно крупные волокна с акси-

альной периодичностью 600–700 нм, характерные для коллагена I типа. Это генетически специфичная форма коллагена, находящаяся в наиболее окостеневших тканях (дентин, кость, цемент).

В дентине коллагеновые волокна ориентированы беспорядочно, как в плотной неоформленной соединительной ткани. Лишь у дентиноэмалевой границы – в плащевом дентине – волокна характеризуются регулярностью, точной организацией и ориентацией.

Коллагеновые волокна матрикса дентина погружены в основное аморфное вещество, состоящее из таких гликозаминогликанов, как хондроитинсульфаты. Последние могут соединяться с неколла-геновыми протеинами, в результате чего образуются протеогликаны – главные составляющие матрикса дентина.

Около 20 % органического матрикса дентина составляют неколлагеновые протеины, играющие определенную роль при минерализации дентина:

- протеины, богатые гамма-карбоксиглутаминовой кислотой;
- протеины, связывающие кальций;
- костные морфогенетические протеины;
- гликопротеины: фибронектин, остеонектин и, возможно, дентинонектин;
- протеины, соединенные с мембранами: кальциевая АТФаза и алкалиновая фосфатаза;
- коллагеназы, а также коллагенусваивающие энзимы, необходимые для перестройки и изменения органического матрикса.

В органической основе дентина идентифицированы также липиды (гликолипиды и фосфолипиды), вероятно участвующие в минерализации матрикса.

Неорганический матрикс дентина, как и кости, цемента и эмали, состоит в основном из фосфата кальция в форме кристаллов гидроксиапатита, которые в дентине мелкие, тонкие, иглообразные.

Данные электронной трансмиссионной микроскопии позволили установить, что эти кристаллы находятся как внутри коллагеновых волокон, так и между ними. В состав неорганического матрикса дентина в небольшом количестве входят фторид кальция (фторапатит), карбонат кальция, магний и натрий.

Дентин состоит из основного вещества и множества тонких дентинных канальцев (*canaliculi dentales*), пронизывающих основное вещество.

Дентинные канальцы обеспечивают трофику дентина и представляют собой тонкие конусообразные трубочки диаметром от

1 до 3–4 мкм, идущие в радиальном направлении от пульпы зуба к эмали или цементу. Они шире во внутренних отделах дентина и постепенно суживаются кнаружи.

Количество дентинных канальцев неодинаково в различных отделах дентина. В связи с радиальным направлением по отношению к полости зуба канальцы во внутренних отделах дентина (вблизи пульпы) лежат более тесно: на 1 мм<sup>2</sup> дентина здесь приходится 50 000–75 000 дентинных канальцев, а ближе к периферии – от 15 000 до 30 000 канальцев. В коронке зуба их больше, чем в корне. В молярах на 1 мм<sup>2</sup> поверхности дентина их приходится в 1,5 раза меньше, чем в резцах.

Дентинные канальцы в коронке S-образно изогнуты, а в области корня зуба они почти прямые и идут перпендикулярно к оси зуба.

В толще дентина канальцы ветвятся и отдают боковые отростки, анастомозирующие между собой.

Особенно четко ветвления канальцев видны у дентиноэмалевой и дентиноцементной границы, где каждый из них делится на несколько терминальных ветвей. В некоторых случаях канальцы могут пересекать дентиноэмалевую границу, проникая в толщу эмали и образуя эмалевые веретена.

Благодаря наличию огромного числа трубочек, пронизывающих дентин, последний обладает высокой проницаемостью. Это обстоятельство имеет клиническое значение, обуславливая быструю реакцию пульпы на повреждение дентина.

Окружающее канальцы основное вещество является более уплотненным (гиперминерализованным) и однородным, чем вещество в промежутках между ними. В связи с этим выделяют перитубулярный (вокругтрубочный) и интертубулярный (межтрубочный) дентин.

Перитубулярный дентин представляет собой слой дентина, непосредственно окружающий каждую дентинную трубочку, образуя ее стенку.

Толщина слоя перитубулярного дентина у пульпарного конца трубочки составляет около 40–50 нм, а у дентиноэмалевой границы – 500–700 нм. В этом дентине более высокое (на 35–40 %) содержание минеральных веществ, чем в интертубулярном дентине. Количество органических веществ в перитубулярном дентине минимально, так как при декальцинации он почти полностью исчезает. Поэтому при кариесе в ходе деминерализации дентина перитубулярный дентин подвергается интенсивному разрушению, что приводит к расширению трубочек и увеличению его проницаемости.

Интертубулярный дентин в процессе развития зуба образуется первым как в плащевом, так и в околопульпарном дентине. Он состоит в основном из обызвествленных коллагеновых фибрилл диаметром 100–200 нм, при этом кристаллы гидроксиапатита расположены вдоль оси фибрилл.

Содержимое дентинных трубочек разнообразно:

- отростки одонтобластов (волокна Томса);
- безмиелиновые нервные волокна;
- тканевая дентинная жидкость;
- необызвествленные коллагеновые фибриллы (интертубулярные фибриллы);
- кристаллы гидроксиапатита.

Некоторые из этих веществ вовлечены в сенсорную функцию дентина, другие участвуют в перестройке органической матрицы его. Изнутри стенка дентинной трубочки выстлана тонкой пленкой органического вещества – пограничной пластинкой (мембраной, или оболочкой, Неймана), проходящей по всей длине дентинной трубочки и содержащей высокие концентрации гликозаминогликанов. Трубочки могут служить проводниками различных необходимых для восстановления дентина веществ, клеточных остатков от дегенерировавших одонтобластов, микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности. Последние могут достигать пульпы, вызывая то или иное повреждение ее.

Отростки одонтобластов, являясь непосредственным продолжением апикальных отделов их клеточных тел, как правило, тянутся по всей длине дентинных трубочек, заканчиваясь у дентиноэмалевой границы. Они содержат мало органелл, но значительное количество элементов цитоскелета, а также пузырьков, лизосом и полиморфных вакуолей. Боковые ветви отростков многочисленны в предентине и внутренних отделах дентина (в 100–200 мкм от границы с пульпой), их мало в средних его отделах и вновь много на периферии. Ветви образуют контакты с ответвлениями соседних одонтобластов, что может играть существенную роль в передаче питательных веществ и ионов, а также способствовать распространению микроорганизмов и кислот при кариесе.

Нервные волокна, направляющиеся в дентин из периферических отделов пульпы, проникают в него обычно на глубину нескольких микрометров, отдельные волокна – на 100–200 мкм. Часть волокон уже в предентине делится на многочисленные ветви; другие проходят внутри дентинных трубочек вдоль отростка одонтобласта

или имеют спиральный ход, оплетая его и изредка формируя ответвления, идущие под прямым углом к трубочкам. Нервные волокна обычно тоньше отростков одонтобластов и местами образуют с ними соединения типа плотных и щелевых контактов. Большинство исследователей считают, что нервные волокна в дентинных трубочках влияют на эффективность деятельности одонтобластов, т.е. являются эфферентными, а не воспринимают изменения окружающей их среды.

Основное вещество дентина, расположенное между дентинными канальцами, имеет фибриллярную структуру и состоит из коллагеновых волокон и однородного цементирующего их вещества.

Расположение коллагеновых волокон и их структура изменяются в разных отделах дентина. В связи с этим различают два слоя дентина: наружный, или плащевой (мантийный), дентин и внутренний, или околопульпарный, дентин. В плащевом дентине преобладают волокна, идущие в радиальном направлении (волокна Корфа), параллельно ходу канальцев. Это расположение сохраняется ближе к окклюзионной поверхности коронки зуба, а на боковых поверхностях коронки и в области корня радиальные волокна приобретают все более косое направление.

Плащевой дентин нерезко переходит в околопульпарный, в котором наряду с радиальными волокнами имеется большое количество волокон, расположенных параллельно поверхности пульпы. Матрикс плащевого дентина менее минерализован, чем матрикс околопульпарного дентина, и содержит относительно меньше коллагеновых волокон.

В околопульпарном дентине волокна располагаются тангенциально (волокна Эбнера) и почти под прямым углом к дентинным канальцам.

Расположение волокон Эбнера в околопульпарном дентине совпадает с расположением дентинных пластинок – слоев дентина, отлагающихся изнутри, со стороны пульпы, в процессе развития зуба. Выражением ритмичности роста и слоистого отложения дентина являются контурные линии Оуэна и ростовые линии Эбнера.

Линии Оуэна идут обычно под прямым углом к дентинным канальцам и соответствуют периодам покоя в деятельности одонтобластов. В этот период происходит менее интенсивное обызвествление вещества дентина и образование очень мелких интерглобулярных пространств.

В молочных зубах и первых постоянных молярах нередко видна контурная (неонатальная) линия, отделяющая слой дентина, образовавшегося в пренатальный период жизни, от дентина, который возник после рождения. По мнению В. Orban (1976), эта линия соответствует неполностью обызвествленному дентину, возникшему в первые две недели после рождения в связи с расстройством обмена в период приспособления новорожденного к резким изменениям среды и питания.

Число линий Оуэна может увеличиваться при патологических состояниях организма (длительные заболевания, сопровождающиеся повышением температуры тела, нестабильное питание и т.п.).

Более тонкие линии Эбнера, направленные почти перпендикулярно к дентинным трубочкам, располагаются ближе друг к другу, чем линии Оуэна с периодичностью в коронке около 18–20 мкм. Между линиями Эбнера находятся линии, расстояние между которыми обычно постоянное (около 4–5 мкм) в зависимости от местоположения – в верхушке или в корне зуба. Предполагают, что последние отражают дневную ритмичность в образовании дентина, а линии Эбнера соответствуют пятисуточному циклу формирования органического матрикса дентина, т.е. периодам меньшей минерализации основного вещества дентина.

Дентин, отлагающийся в зубах взрослого человека в течение его жизни, называется вторичным (регулярным, или физиологическим) репаративным дентином.

Помимо более медленного темпа образования, он отличается от первичного дентина (возникшего в процессе эмбрионального развития зуба) менее правильной структурой. Это выражается в изменении хода и числа дентинных канальцев и коллагеновых волокон с более низкой степенью минерализации. Наиболее активно отложение вторичного дентина происходит в боковых стенках и в крыше пульпарной камеры, а в многокорневых зубах – в ее дне. В связи с этим с возрастом форма пульпарной камеры изменяется: менее выступающими становятся рога пульпы, а объем ее сокращается. Интенсивность отложения вторичного дентина у мужчин выше, чем у женщин; с возрастом она снижается. Толщину слоя вторичного дентина можно использовать в качестве одного из показателей для оценки дентального возраста индивидуума.

Продукция вторичного дентина резко усиливается при разрушении или стирании эмали и обнажении дентина (кариес, повышенная стираемость зубов, воздействие химических веществ и т.д.).

При этом в участках пульпы, соответствующих области повреждения зуба, отмечается отложение более или менее значительных масс заместительного дентина, которые могут вдаваться в полость зуба и изменять ее конфигурацию. Такой дентин называют третичным (иррегулярным). В отличие от вторичного дентина, который полностью выстилает поверхность пульпы, обращенную к дентину, образование третичного дентина происходит более или менее локально, т.е. только в местах наиболее сильного воздействия неблагоприятного фактора.

Основная функция третичного дентина – защита пульпы зуба от распространения внутрь бактерий, токсинов и т.п. Он может образоваться в любом участке стенки полости зуба, но наиболее часто появляется в области рогов пульпы. По своему строению (наличие остеобластов, неправильный ход дентинных канальцев или даже отсутствие их, слабая минерализация) он стоит ближе к кости и поэтому некоторыми авторами называется остеодентином. В полости зуба у лиц пожилого возраста в норме также обнаруживаются фокусы остеодентина, которые могут значительно изменять конфигурацию полости, вплоть до полной ее облитерации.

В пульпе зуба иногда наблюдаются тела округлой или неправильной формы, состоящие из дентина или дентиноподобной ткани, которые получили название дентиклей, или камней пульпы. По своему положению в пульпе они делятся на свободные, т.е. лежащие непосредственно в пульпе; пристеночные, сохраняющие связь со стенкой зуба; интерстициальные, которые возникают при обрастании свободного или пристеночного дентикля новыми слоями вторичного дентина.

В результате дентикль оказывается замурованным в стенке зуба (этот процесс чаще наблюдается в корне зуба, ближе к его верхушке). В зависимости от структуры принято различать высокоорганизованные (канализированные) и низкоорганизованные (лишенные канальцев) дентикли. Источниками их образования являются одонтобласты. Как отмечалось, дентикли имеют строение дентина или дентиноподобной ткани, поэтому они носят название истинных дентиклей, в отличие от ложных дентиклей, представляющих собой очаги ограниченного обызвествления в ткани пульпы.

Размеры дентиклей весьма непостоянны – от едва заметных зерен до 2–3 мм в диаметре. В результате своего роста дентикли могут сливаться друг с другом, заполняя собой всю полость зуба или каналы корней, препятствуя эндодонтическим манипуляциям. Сдавливая

нервные волокна пульпы, дентикли могут вызывать боли пульпитного характера. Причины их образования недостаточно ясны. Дентикли встречаются как в зубах у лиц пожилого возраста, так и в зубах молодых людей и даже в зубных зачатках до их прорезывания.

### **Возрастные изменения дентина**

Дентин – живая ткань, продуцируемая непрерывно на протяжении всей жизни. Образование вторичного, а затем и третичного дентина ведет с возрастом к уменьшению размеров, объема полости зуба – процессу, называемому клиницистами рецессией пульпы. Кроме того, в зубах пожилых людей отмечаются участки дентина, в которых соли извести откладываются не только в основном веществе, но и в дентинных канальцах и отростках дегенерирующих одонтобластов. В результате происходит облитерация («физиологический» склероз), т.е. полное закрытие просвета некоторых групп дентинных трубочек, при этом показатели преломления канальцев и основного вещества выравниваются и такие участки выглядят прозрачными. Эти участки называют склеротическим (прозрачным) дентином. Такой дентин образуется также при кариесе или повышенной стираемости зубов («патологический» склероз), что можно рассматривать как защитную реакцию зуба на действие дестабилизирующих факторов, которая предохраняет пульпу от раздражения и проникновения в нее инфекции.

Образование прозрачного дентина чаще начинается в апикальной части корня и медленно прогрессирует в направлении коронки.

Обычно минерализация происходит сначала в периодонтобластическом пространстве, а затем захватывает отросток одонтобласта, реже наоборот.

Вследствие того что склерозирование дентина снижает его проницаемость, оно может продлить период жизнеспособности пульпы. Облитерация дентинных трубочек приводит также к снижению чувствительности зуба.

С возрастом, особенно при повышенной стираемости зубов, нередко наблюдаются также гибель части одонтобластов и их отростков и закупорка внутренних концов соответствующих дентинных канальцев третичным дентином. Содержимое таких канальцев распадается, а полости канальцев заполняются воздухом или другими газообразными веществами. Вследствие этого на шлифах зуба группы таких канальцев в проходящем свете выглядят черными.

Группы таких канальцев называют «мертвыми путями». Чувствительность дентина в этих участках снижена.



В большинстве случаев «мертвые пути» со стороны пульпы, как отмечалось, закрываются посредством образования иррегулярного третичного дентина.

## Строение цемента

**Цемент** (*cementum*) покрывает дентин корня на всем его протяжении, начиная от шейки зуба и до верхушки корня, где он достигает наибольшей толщины. Это специализированная кальцифицированная соединительная ткань, напоминающая по строению грубоволокнистую кость. Цемент в отличие от кости не имеет сосудов, не имеет нервных окончаний и не испытывает в норме резорбции и перестройки структуры с возрастом.

Основной функцией цемента является связывание различных коллагеновых волокон из периодонтальной связки с веществом зуба. Поэтому цемент выполняет важную роль в укреплении зуба в альвеоле челюсти.

Цемент растет путем присоединения (аппозиции) новых слоев к старым в течение всего периода функционирования зуба, обеспечивая таким образом постоянно существующий участок для присоединения новых волокон периодонтальной связки. Это очень важно, поскольку коллагеновые волокна периодонта подвергаются в зависимости от состояния зуба почти непрерывному процессу перестройки. Кроме того, постоянный прирост толщины цемента, особенно в апикальной области, сохраняет нормальную высоту зуба, компенсируя таким путем уменьшение с возрастом толщины эмали.

С другой стороны, цемент защищает дентин корня от повреждающих воздействий, выполняет репаративные функции при образовании резорбционных лакун или при переломе корня.

Цемент – это минерализованная соединительная ткань и, следовательно, имеет как органическую, так и неорганическую фазы.

Неорганический матрикс составляет 50–60 % (по массе) от зрелого цемента. Он состоит из игольчатых кристаллов гидроксиапатита кальция.

Органическая фаза представлена в основном коллагеном I типа, составляющим 40–50 % от сухой массы ткани. Кроме того, в органический матрикс входят различные неколлагеновые протеогликаны и гликопротеины, фосфопротеины, фосфаты.

Коллаген цемента происходит из двух различных источников: цементобластов и фибробластов периодонта. Цементобласты синте-

зируют и выделяют так называемые внутренние коллагеновые волокна, тогда как фибробласты продуцируют внешние коллагеновые волокна.

Внутренние коллагеновые волокна меньшего диаметра составляют собственные волокна цемента, идущие обычно параллельно его поверхности. Большого диаметра внешние коллагеновые волокна возникают в периодонте и проникают в цемент в качестве Шарпеевых волокон, обычно под прямым углом к его поверхности.

Места внедрения в цемент волокон периодонта имеют вид кратеров, расположенных в центре куполообразных участков цемента, диаметром 6–10 мкм, приподнятых над его поверхностью, которые в совокупности занимают до 30–40 % поверхности корня зуба, покрытой цементом.

С противоположного конца они продолжают в пучки коллагеновых волокон периодонта, которые, в свою очередь, переходят в Шарпеевы волокна кости альвеолы. Это обуславливает прочное укрепление корней зубов в альвеолах.

Оба типа коллагеновых волокон состоят из коллагена I типа, хотя есть данные, что внешние коллагеновые волокна могут включать коллаген III типа, связанный с ними. В целом цемент, расположенный ближе к соединению цемент – эмаль, имеет больше коллагеновых волокон, чем тот, что расположен у верхушки корня зуба.

Большинство внешних волокон, входящих в цемент, минерализуются и становятся неотличимыми от внутренних волокон в межклеточном веществе цемента. Однако в области апикального цемента могут располагаться и необызвествленные волокна.

Цемент, покрывающий в виде тонкого слоя боковые поверхности корня зуба, обычно клеток не содержит. Это так называемый бесклеточный, или первичный, цемент толщиной 30–50 мкм или меньше.

Эта ткань характеризуется наличием множества возрастных линий, ориентированных параллельно поверхности корня, которые располагаются близко друг к другу. Здесь же множество внутренних и внешних коллагеновых волокон, полностью минерализованных и практически неотличимых друг от друга. Внеклеточный цемент обладает малой скоростью роста. Он является единственным слоем цемента, покрывающим шейку зуба, а в некоторых зубах (в нижних резцах) он почти целиком покрывает корень. Граница бесклеточного цемента с дентином выражена нечетко.

Цемент, расположенный у верхушки корня, а в многокорневых зубах – и в межкорневых отделах, содержит большое количество от-

ростчатых клеток – цементацитов (цементных телец), которые локализируются обычно в костных полостях и цементобластах, лежащих на поверхности цемента. Такой цемент называется клеточным, или вторичным (толщина его 200–600 мкм). Он располагается поверх бесклеточного цемента, однако иногда, при отсутствии последнего, непосредственно прилежит к дентину. Граница клеточного цемента с дентином выражена в основном отчетливо.

Обычно цемент не содержит Гаверсовых каналов и кровеносных сосудов, поэтому питание его осуществляется диффузно со стороны перицемента. Важную роль в этом играет система канальцев, отходящих от цементацитов и содержащих отростки этих клеток.

В отличие от бесклеточного клеточный цемент растет очень быстро, при этом цементобласты превращаются в цементациты, полностью окруженные отвердевшим матриксом. Цементациты по строению сходны с остеоцитами.

Цементациты представляют собой уплощенные клетки с крупным ядром и умеренно развитыми органеллами. От их тел отходят многочисленные (до 30) ветвящиеся отростки, которые располагаются в канальцах, ориентированных преимущественно в сторону периодонтальной связки, т.е. к источнику питания. Когда клеточный цемент становится особенно толстым, самые глубокие цементациты часто погибают, оставляя пустые или заполненные клеточным детритом лакуны. Напротив, ближе к поверхности цемента цементациты в большей степени сохраняют функциональную активность и сходство с цементобластами.

Цементобласты – активные клетки с хорошо развитым синтетическим аппаратом, обеспечивающим ритмическое отложение новых слоев цемента. Располагаясь обычно в периферических отделах периодонта вокруг корня зуба, цементобласты при формировании бесклеточного цемента отодвигаются кнаружи от отложенного слоя цемента, а при образовании клеточного цемента замуровываются в нем, превращаясь в цементациты. Матрикс клеточного цемента состоит в основном из минерализованных внутренних волокон. Здесь значительно меньше внешних волокон, они нередко только частично обызвествлены в периферических отделах. Центральные части этих волокон остаются необызвествленными.

В 1/3 случаев бесклеточный цемент и эмаль встречаются точно на линии шейки зуба и приблизительно в 2/3 – цемент частично покрывает эмаль. В 10 % случаев между цементом и эмалью имеется зазор, и таким образом оказывается обнаженным дентин корня на

шейке зуба. Однако исследования с помощью сканирующего электронного микроскопа позволили установить, что и в этом случае дентин все же покрыт очень тонким слоем цемента.

Расположение эмалево-цементной границы неодинаково в разных зубах одного и того же зубного ряда и даже на различных поверхностях одного и того же зуба. Так, на контактных поверхностях эта граница имеет изгиб в сторону коронки, на вестибулярной и язычной – в сторону корня, причем этот изгиб больше выражен на мезиальной и вестибулярной, чем на дистальной и язычной поверхностях.

Степень искривления эмалево-цементной границы зависит от функции, которую выполняет зуб. Она резче выражена на однокорневых зубах, чем на многокорневых. Наибольшее искривление этой границы у верхних клыков, затем в убывающем порядке у верхних медиальных резцов, верхних и нижних латеральных резцов, нижних медиальных резцов, верхних первых премоляров, нижних премоляров, верхних вторых премоляров и, наконец, нижних моляров, у которых эмалево-цементная граница превращается почти в прямую линию.

### **Возрастные изменения цемента**

С возрастом происходит постепенное утолщение цемента, хотя скорость отложения его снижается. Отложение клеточного цемента, который гораздо толще бесклеточного, может привести к постепенному сужению каналов корней в области их верхушек и нарушению кровоснабжения и иннервации пульпы зуба. Непрерывное приращивание апикального цемента способствует сохранению общей длины зуба, компенсируя стирание коронки в результате изнашивания эмали. Эта компенсаторная реакция, направленная на поддержание размеров клинической коронки, называется пассивным прорезыванием зуба. Таким образом, толщина цемента позволяет оценить возраст зуба, хотя на нее могут влиять и другие факторы (например, болезни периодонта), и может быть использована в судебно-медицинских, антропологических и археологических исследованиях.

## СТРОЕНИЕ ПУЛЬПЫ ЗУБА

**Пульпа зуба** (*pulpa dentis*) заполняет полость зуба как в области коронки, так и в области его корня.

В коронке пульпа образует выросты, соответствующие бугоркам режущего края резцов и клыков и бугоркам на жевательной поверхности премоляров и моляров, – рога пульпы. Она почти полностью окружена твердой тканью – дентином, благодаря чему является довольно уникальной тканью, похожей на костный мозг. Пульпа – это единственная неминерализованная ткань зуба.

Основная функция пульпы состоит в поддержании определенного структурно-функционального состояния дентина. Неслучайно поэтому ряд современных исследователей предлагают рассматривать эти ткани как единый комплекс дентин – пульпа, обеспечивающий работоспособность зрелого зуба. В связи с этим выделяют ряд важных функций пульпы:

- трофическую, за счет находящихся в ней сосудов;
- сенсорную, вследствие наличия в ней большого количества нервных окончаний;
- защитную, за счет клеточных и гуморальных реакций, воспаления;
- пластическую, или репаративную, путем выработки первичного, вторичного или третичного дентина.

В целом пульпа представляет собой обильно васкуляризованную и иннервируемую специализированную рыхлую неоформленную соединительную ткань, содержащую клетки, волокна и аморфное основное вещество. В некоторых отделах зуба эти компоненты организованы в четкие демаркационные зоны.

Общий объем пульпы всех постоянных зубов составляет 0,38–0,40 см<sup>3</sup>, т.е. в среднем в каждом зубе – около 0,02–0,03 см<sup>3</sup>. Пульпа моляров по объему в 3–4 раза больше пульпы резцов.

Пульпа коронки зуба содержит на единицу объема больше клеток и межклеточного вещества, чем коллагеновых волокон. В ней много разнообразных хорошо дифференцированных клеток. Одонтобласты в этой части пульпы имеют призматическую форму и располагаются в несколько рядов.

Пульпа, заполняющая каналы корня зуба, построена по типу довольно плотной соединительной ткани с преобладанием пучков коллагеновых волокон над клеточными элементами.

Корневая пульпа слабее васкуляризована и иннервирована, чем коронковая, ее клеточный состав менее разнообразен, а одонтобла-

сты кубической или уплощенной формы располагаются обычно в 1–2 ряда. Эти различия в структуре зависят, по-видимому, от особенностей питания твердых тканей зуба в области коронки и корня. В области коронки дентин и эмаль получают питательные вещества и соли кальция почти исключительно из пульпы зуба; в корне питание твердых тканей зуба осуществляется не только через пульпу, но и посредством диффузии питательных веществ из перицементы. Следствием этого являются уменьшение трофической роли корневой пульпы и изменение ее структуры. Кроме того, в корневой пульпе существенное место занимают проходящие в полость зуба крупные кровеносные сосуды, пульсация которых, возможно, влияет на структуру соединительной ткани, окружающей эти сосуды.

В пульпе коронки различают четыре зоны по составу и свойствам ткани:

- 1) одонтобластическую зону;
- 2) светлую зону Вейля;
- 3) субодонтобластическую зону;
- 4) центральную зону пульпы зуба.

В первой, самой наружной зоне компактно располагаются в один или несколько рядов вытянутые клетки с базофильной цитоплазмой – одонтобласты. Отростки этих клеток (волокна Томса) проникают в дентинные каналы и пронизывают всю толщу дентина. Одонтобласты тесно связаны межклеточными соединениями, между которыми проходят нервные волокна, направляющиеся вместе с отростками одонтобластов в дентинные трубочки.

Одонтобласты и их отростки играют важную роль в питании зуба и доставке минеральных солей к эмали и дентину. Они сохраняются в пульпе зуба взрослого человека в течение всей его жизни, при этом выполняя и свою дентинообразующую функцию, хотя и не так интенсивно, как в период развития зуба.

С возрастом, по мере утолщения слоя дентина и уменьшения размеров полости пульпы, меняются расположение одонтобластов и их форма. В развивающемся зубе они обычно располагаются в один слой, а в зубе взрослого человека – в несколько слоев. Первоначально призматическая форма клеток постепенно переходит в грушевидную или конусообразную, отмечается вакуолизация одонтобластов, которая вызывает деформацию и гибель части одонтобластов.

В пульпе корня сформированного зуба слой одонтобластов более тонкий, чем в пульпе коронки. Клетки имеют меньшие размеры и тесно прилегают друг к другу.

За слоем одонтобластов располагается бедный клетками светлый слой Вейля, состоящий главным образом из коллагеновых волокон и отростков клеток субодонтобластической зоны. Он хорошо выражен в пульпе коронки и отсутствует в пульпе корня. Слой Вейля образуется обычно довольно поздно, часто уже после прорезывания зуба. Современные исследования показали, что в этой зоне располагаются обширные сети нервных волокон и кровеносных капилляров. От нервного сплетения (сплетение Рашкова) берут начало ветви, образующие древовидные разветвления на одонтобластах, а также проходящие между ними в дентинные трубочки, где они контактируют с волокнами Томса. В зубах с высокой скоростью образования дентина (во время их роста или при активной продукции третичного дентина) эта зона сужается или исчезает полностью вследствие миграции в нее клеток из субодонтобластической зоны.

Третий слой пульпы состоит из большого количества звездчатых клеток (преодонтобластов), которых относят к малодифференцированным клеткам. От тел этих клеток отходят многочисленные тонкие и длинные отростки, которые многократно ветвятся и анастомозируют между собой. По мнению ряда авторов, эти клетки способны к дифференцировке и превращению в одонтобласты, а также в фибробласты. Поэтому и в пульпе зуба взрослого человека при гибели части одонтобластов возможна их замена за счет дифференцировки звездчатых клеток субодонтобластического слоя. Кроме того, в этой зоне располагаются также фибробласты, лимфоциты, малодифференцированные клетки, а также капилляры, миелиновые и безмиелиновые нервные волокна.

Центральная зона пульпы представляет собой рыхлую волокнистую соединительную ткань, богатую клетками, сосудами и нервами. В пульпе постоянных зубов со сформированными корнями выявляются четыре основные клеточные группы: одонтобласты; фибробласты; малодифференцированные эктомезенхимальные клетки; макрофаги.

В меньшем числе в центральной зоне пульпы постоянно присутствуют дендритные клетки, лимфоциты, плазматические, тучные клетки, гранулоциты крови. Первые три группы происходят из клеток головного отдела нервного гребня. Они постоянно находятся в пульпе коронки в отличие от блуждающих макрофагов, происходящих из моноцитов крови и переходящих в зависимости от состояния пульпы из крови в ткань и обратно.

Одонтобласты – самая большая клеточная популяция в пульпе. Это специфические клетки пульпы, которые образуют дентин

и обеспечивают его трофику. Одонтобласты находятся на периферии пульпы, располагаясь очень плотно в пульпе коронки (40 000–50 000 на 1 мм<sup>2</sup> поверхности дентинопульпарной границы) и, реже, в пульпе корня. Форма тела клеток в коронке призматическая или грушевидная, которая ближе к корню изменяется на веретеновидную, а затем на кубическую или уплощенную в пульпе корня. Форма клетки изменяется не только в зависимости от ее расположения, но и в связи с функцией: чем выше активность, тем большую высоту имеет одонтобласт.

В призматических клетках четко выявляется овальное ядро с 1–2 ядрышками, расположенное в базальной части клетки. В кубических одонтоблестах сферическое ядро лежит обычно центрально. В ядрах одонтобластов преобладает эухроматин, лишь у ядерной оболочки отмечаются небольшие скопления гетерохроматина.

В цитоплазме располагаются цистерны гранулярной эндоплазматической сети, большое число лизосом, митохондрии, гранулы гликогена, мелкие липидные капли, а в апикальной области – секреторные гранулы, содержащие преколлаген и протеогликаны предентина.

Апикальная часть тела одонтобласта суживается, продолжаясь в длинный ветвящийся отросток Томса, который направляется в дентинную трубочку. Отросток характеризуется хорошо развитыми элементами цитоскелета, ориентированными продольно, многочисленными гладкими и окаймленными пузырьками, редкими митохондриями и короткими цистернами агранулярной эндоплазматической сети.

Соседние одонтобласты прочно связаны межклеточными соединениями: десмосомами, щелевыми и плотными контактами, благодаря которым слой одонтобластов способен выполнять барьерную функцию, регулируя перемещение молекул и ионов между пульпой и предентином. Одонтобласты относят к окончательно дифференцированным клеткам, поэтому продолжительность их жизни может достигать длительности существования зуба. Самые важные функции пульпы – питание и поддержание жизнеспособности одонтобластов.

Фибробласты в большом количестве находятся в центральной зоне пульпы, особенно в зубах молодых людей. Они берут начало от недифференцированных эктомезенхимальных клеток, которые также располагаются в пульпе. Фибробласты могут существовать в одном из двух функциональных состояний: активном (фибробласты)



или пассивном (фиброциты). Функциональное состояние клеток зависит от возраста, клинической характеристики пульпы и т.п.

Структурно фибробласты пульпы – это веретенообразные отростчатые клетки со светлым ядром, содержащим мелкодисперсный хроматин и крупное ядрышко, слабобазофильной цитоплазмой, хорошо развитыми гранулярной эндоплазматической сетью и комплексом Гольджи, а также большим количеством везикул, микротрубочек, микронитей и пиноцитозных пузырьков. Главный продукт деятельности фибробластов пульпы – коллагены I и III типов. Они же синтезируют и выделяют компоненты основного аморфного вещества пульпы: гликозаминогликаны, протеогликаны, гликопротеины. При воспалительных процессах (пульпите) фибробласты принимают участие в образовании фиброзной капсулы, ограничивающей очаг воспаления. Помимо синтетической активности, они способны поглощать и переваривать компоненты межклеточного вещества.

Альтернативно фиброцит – это неактивная, отдыхающая клетка со слабо развитыми органеллами синтеза белка. В принципе это два состояния одной и той же клетки, которые проявляются в зависимости от состояния окружающей соединительной ткани. Высокая синтетическая активность свойственна фибробластам зубов молодых людей. С возрастом увеличивается доля клеток с низкими пластическими характеристиками. Было описано третье состояние – это так называемый фиброкласт, или клетка, резорбирующая коллаген.

Наличие фиброкластов впервые показано в периодонтальной связке. Присутствие их в пульпе коронки пока не отмечено, однако некоторые исследователи считают это вопросом времени.

Третьим основным типом клеток центральной зоны пульпы человека являются недифференцированные эктомезенхимальные клетки. Это клетки треугольной формы, с большим ядром, содержащим значительное количество гетерохроматина. В цитоплазме большое количество рибосом и полирибосом, липидных капель и хорошо развитая гранулярная эндоплазматическая сеть. Отмечается также многообразие микронитей и микротрубочек, что указывает на достаточную подвижность этих клеток. Клетки обладают плотным гликокаликсом, содержащим мембранные рецепторы, антигенные зоны и т.п., которые принимают участие в механизмах «узнавания» клеток и их скоплений. Во многих случаях эти клетки соединены между собой посредством филоподий и микроотростков в сложную трехмерную сеть.

Большая популяция недифференцированных эктомезенхимальных клеток в пульпе обеспечивает ее высокую регенеративную способность.

При воздействии определенных возбудителей эти клетки могут претерпевать окончательную дифференцировку либо в фибробласты, либо в одонтобласты пульпы. Последние замещают старые или погибшие клетки, а также восполняют одонтобласты, необходимые для образования вторичного и третичного дентина. Однако с возрастом отмечается уменьшение количества недифференцированных клеток пульпы, что ведет к снижению способности пульпы к регенерации при старении.

В отличие от трех рассмотренных типов клеток центральной зоны пульпы, имеющих общее происхождение от клеток головной части нервного гребешка, макрофаги берут начало от циркулирующих специфических кровяных клеток – моноцитов. Их количество в пульпе, морфология и метаболизм зависят от функционального состояния окружающей соединительной ткани. Особенно многочисленны макрофаги в пульпе зубов молодых людей. Это полиморфные клетки с эксцентрично расположенным ядром.

В цитоплазме находятся хорошо развитые гранулярная эндоплазматическая сеть и комплекс Гольджи, а также большое количество лизосом и вакуолей. Выраженный цитоскелет из микронитей и микротрубочек обеспечивает высокую подвижность этих клеток. Поверхность клетки покрыта множеством складок и выростов, указывающих на ее выраженную фагоцитарную активность.

Основная функция макрофагов – захват и переваривание различных микроорганизмов, бактерий, отдельных клеток и т.п. Процесс включает фагоцитоз, пиноцитоз и переваривание с помощью клеточных гидролитических ферментов, находящихся в лизосомах. Это позволяет макрофагам активно участвовать в иммунных реакциях, уничтожении различных антигенов, опухолевых клеток, частей погибших клеток. Логично предположить, что макрофаги пульпы зуба способны выполнять любую из этих функций.

Наличие в пульпе зуба макрофагов свидетельствует о том, что она, помимо выполнения своей трофической и дентинообразующей функций, играет важную защитную или барьерную роль.

Дендритные клетки являются также постоянным компонентом пульпы, составляя 6–8 % от общей клеточной популяции пульпы. Это клетки вариательной формы с многочисленными ветвящимися отростками, четко выраженным ядром и хорошо развитым лизосо-

мальным аппаратом. Они являются антигенпредставляющими клетками, т.е. их функция заключается в поглощении различных антигенов, их процессинге и представлении лимфоцитам. В пульпе соотношение дендритных клеток и макрофагов 4:1. По способности индуцировать пролиферацию Т-лимфоцитов дендритные клетки намного превосходят макрофаги. Поэтому число этих клеток резко возрастает при антигенной стимуляции.

Наибольшее количество дендритных клеток сосредоточено в рогах пульпы коронки. Они располагаются вдоль сосудов, около одонтобластов и в субодонтобластическом слое. Содержание их в пульпе невелико после рождения, но увеличивается по мере созревания пульпы.

Лимфоциты, преимущественно малые лимфоциты (около 90 % от общего числа их), присутствуют в пульпе в небольшом количестве в периферических ее участках. Это чаще всего различные субпопуляции Т-клеток. В-лимфоциты в нормальной пульпе почти не обнаруживаются. Наблюдаются лишь единичные плазматические клетки, которые являются конечными стадиями дифференцировки В-клеток. Эти клетки активно синтезируют иммуноглобулины, обеспечивая реакции гуморального иммунитета.

Следует отметить, что содержание лимфоцитов в пульпе резко возрастает при воспалении. В этот же период в пульпе выявляются тучные клетки, содержащие биологически активные вещества (гепарин, гистамин, эозинофильный хемотаксический фактор, лейкотриены), выделение которых вызывает ряд эффектов, в том числе расширение сосудов и увеличение проницаемости их стенки. По мнению некоторых авторов, тучные клетки постоянно присутствуют в пульпе зубов у детей.

Кроме описанных клеток, в пульпе отмечают и другие виды клеток. Большинство этих клеток находится в соединении с сосудистой стенкой – эндотелиальные клетки, перициты, гладкие мышечные клетки, а также редкие эозинофильные гранулоциты.

В центральной пульпе кроме клеток содержатся также коллагеновые волокна. Коллаген составляет 25–30 % от сухой массы пульпы зуба, при этом его содержание с возрастом увеличивается. Современные биохимические исследования показали, что это коллаген I и III типов.

Собственно коллагеновые волокна (коллаген I типа) создают систему поддерживающих элементов для клеток, кровеносных сосудов и нервов. В центральных отделах пульпы коронки они распола-

гаются рыхло, в периферических образуют более плотные скопления. В канале корня волокна ориентированы по его длине, образуя плотные пучки. Часть волокон проникает между одонтобластами, смешиваясь с волокнами предентина. По всей пульпе располагаются также в виде сети ретикулярные волокна, образованные коллагеном III типа. В процессе образования дентина эти многочисленные волокна лежат первоначально между одонтобластами и называются волокнами Корфа.

В пульпе выявлены также преколлагеновые, окситалановые и эластические волокна. Последние являются, строго говоря, компонентами стенки кровеносных сосудов. Окситалановые волокна многочисленны в периферической части пульпы, не имеют строгой ориентации и связаны обычно с кровеносными сосудами. Их относят к презластическим волокнам.

Как было указано, пульпа, помимо клеток и волокон, содержит тонкое аморфное вещество, которое является компонентом внеклеточного матрикса пульпы. Оно состоит из воды, гликозаминогликанов (хондроитинсульфаты и гиалуроновая кислота), гликопротеинов, протеогликанов. Обладая высокими способностями к диффузии, аморфное межклеточное вещество способствует распространению питательных веществ между клетками, сосудами и нервами.

Васкуляризация и ангиоархитектоника сосудов в пульпе имеют свои особенности. Все кровеносные и лимфатические сосуды, а также нервы входят (и выходят) в пульпу в основном через отверстие верхушки корня зуба, образуя в канале корня сосудисто-нервный пучок. В некоторых случаях дополнительные сосуды и другие структуры входят в пульпу через добавочные каналы боковых стенок корня зуба. Эти каналы имеют клиническое значение, поскольку могут способствовать распространению инфекции из периодонта в пульпу и обратно.

После входа в корневую пульпу сосуды-артериолы диаметром 50–150 мкм имеют почти прямую (вертикальную) направленность и проникают в коронковую пульпу, занимая ее центральную зону. Особенностью кровеносных сосудов пульпы является относительно малая толщина их стенок по сравнению с просветом. От центрального сосуда отходят более мелкие прекапиллярные артериолы диаметром 10–12 мкм, которые образуют затем в слое Вейля обширное капиллярное сплетение, питающее пульпу и одонтобласты.

Капилляры пульпы диаметром 8–10 мкм делятся на две группы: фенестрированные (около трети), располагающиеся в основном

вблизи одонтобластов, и соматические (2/3 всех капилляров). Последние характеризуются наличием множества пиноцитозных пузырьков в цитоплазме эндотелиоцитов стенки сосудов. Как те, так и другие капилляры обеспечивают питанием все структурные элементы пульпы зуба.

Наличие фенестрированных капилляров облегчает быстрый транспорт метаболитов к одонтобластам при образовании дентина и его последующей минерализации. Поэтому они особенно развиты в период активного дентиногенеза. После прорезывания зуба и замедления образования дентина число этих капилляров уменьшается, и они обычно несколько смещаются к центральным отделам пульпы.

Объем капиллярного русла в пульпе может значительно варьировать, чему способствует наличие артериоловеноулярных анастомозов. В состоянии покоя большая часть анастомозов и капилляров не функционирует, однако их деятельность резко усиливается при раздражении пульпы и вызывает развитие гиперемической реакции. С работой этого механизма также связывают периодичность болей при пульпите.

От субодонтобластической капиллярной сети кровь поступает в венулы мышечного типа (содержат в стенке гладкие миоциты), выходящие из пульпы через отверстие верхушки зуба. Как правило, венулы располагаются в пульпе центрально, тогда как артериолы занимают более периферическое положение.

Уникальной особенностью кровеносной системы пульпы является то, что диаметр выносящих венул меньше диаметра входящих в пульпу артериол. Поэтому даже в нормальной пульпе всегда имеются явления гиперемии и стаза крови, что позволило А. Fisher (1995) назвать пульпу застойным органом. Давление в пульпарной камере составляет 20–30 мм рт. ст., что значительно выше внутритканевого давления в других органах. Указанные структурные особенности сосудистой системы обеспечивают, вероятно, медленный кровоток через пульпу, что имеет определенное физиологическое значение для питания тканей зуба.

Вопрос о лимфатических сосудах пульпы во многом остается открытым. Одни исследователи считают, что в пульпе имеются лимфатические капилляры и сосуды, другие ратуют за наличие выстланных эндотелием тканевых пространств и щелей, которые сообщаются с венозными сосудами. Отток лимфы от пульпы происходит в поднижнечелюстные и подподбородочные лимфатические узлы.

Достаточно крупные нервные миелиновые и безмиелиновые волокна тройничного нерва входят в пульпу через отверстие верхушки зуба вместе с кровеносными сосудами, формируя в корневом канале сосудисто-нервный пучок, обеспечивающий питание и иннервацию зуба.

Безмиелиновые волокна составляют до 60–80 % от общего числа волокон. В корневой пульпе лишь около 10 % волокон образуют терминальные ветвления, большая их часть достигает коронки, где они веерообразно расходятся к периферии пульпы. В коронковой пульпе они обильно ветвятся, формируя в слое Вейля субодонтобластическое нервное сплетение (сплетение Рашкова), содержащее как толстые миелиновые, так и тонкие безмиелиновые волокна, от которых отходят ветви к одонтобластам и дентинным трубочкам. Одни из них оканчиваются на телах одонтобластов, другие – на одонтобластических волокнах Томса, проникая в основном только на 1/3 толщины дентина зрелого зуба. Более тщательные и глубокие исследования последних лет показали, что некоторые безмиелиновые нервные волокна могут достигать плащевого дентина, возможно, даже дентиноэмалевого соединения.

Часть нервных волокон оканчивается в стенках кровеносных сосудов центральной части пульпы зуба. В настоящее время установлены связи нервов пульпы зуба с симпатической и парасимпатической частями вегетативной нервной системы.

Большинство нервных окончаний в области тел одонтобластов относят к рецепторам. Раздражение этих рецепторов независимо от природы действующего фактора (давление, холод, тепло, химические вещества) вызывает болевые ощущения. Вместе с тем в последнее время описаны и эффекторные окончания в пульпе сформированного зуба.

Среди миелиновых волокон пульпы выделяют более многочисленные  $\alpha$ -волокна диаметром 1–6 мкм, которые опосредуют болевую чувствительность, в частности ощущение острой локализованной боли, и  $\beta$ -волокна диаметром 6–12 мкм, обеспечивающие, предположительно, проведение тактильных сигналов.

Безмиелиновые волокна диаметром 0,5–1,5 мкм также подразделяются на несколько групп. Часть волокон является преимущественно вазомоторными, регулируя тонус артериол и кровоток в пульпе. Другие содержат нейропептиды (лей- и метэнкефалины, холецистокинин, соматостатин, вазоинтестинальный полипептид и др.) и, будучи связаны с кровеносными сосудами и одонтобластами, прини-

мают участие в регуляции кровотока в пульпе, обеспечивают болевую чувствительность, а также влияют на развитие воспаления.

В развитии пульпы молочных зубов выделяют три периода:

- период роста длительностью 4,2 года – от начала пренатального формирования коронки до завершения развития корня в постнатальном периоде;
- период созревания продолжительностью 3,7 года, который продолжается с момента завершения развития корня до начала его резорбции;
- период регрессии длительностью 3,5 года – от начала резорбции корня до выпадения зуба.

Строение пульпы молочных зубов в целом соответствует строению пульпы постоянных зубов. Вместе с тем в центральной зоне отмечается более высокое содержание клеток при меньшем количестве коллагеновых волокон. Различия в строении коронковой и корневой пульпы в молочных зубах менее отчетливы, чем в зрелых зубах.

Пульпа молочных зубов обильно кровоснабжается, однако нейральные элементы развиты в ней значительно слабее.

Пульпа постоянного зуба в период формирования коронки морфологически сходна с пульпой молочного зуба и также характеризуется высокой концентрацией делящихся клеток. Периоды развития пульпы постоянных зубов более длительные. Так, период роста – от пренатального формирования коронки до завершения развития корня – занимает около 12 лет, период созревания – до 7–8 лет, период регрессии продолжается большую часть жизни человека.

### **Возрастные изменения пульпы зуба**

С возрастом в связи с непрерывным отложением вторичного и периодическим отложением третичного дентина объем полости зуба уменьшается, что ведет к изменению ее формы (сглаживаются рога пульпы), а также структурных и объемных соотношений всех элементов пульпы.

В пульпе снижается (до 50 % от исходного) содержание клеточных элементов: фибробластов и недифференцированных эктомезенхимальных клеток; уменьшается количество преколлагеновых и увеличивается (почти в три раза) число зрелых коллагеновых волокон; снижается уровень жидкости в межклеточном аморфном основном веществе.

Возрастное сужение канала корня уменьшает васкуляризацию пульпы в связи с редукцией микроциркуляторного русла, что, несо-

менно, воздействует на жизнеспособность одонтобластов. Сокращается число рядов одонтобластов, в них уменьшается содержание органелл, участвующих в синтетических процессах, и секреторных гранул; усиливаются аутофагические процессы, расширяются межклеточные пространства.

С возрастом снижается синтетическая активность клеток фибробластического ряда. Имеются данные о снижении безмиелиновых и демиелинизации и гибели миелиновых волокон, а также нервных окончаний в пульпе, что влияет на чувствительность дентина и сказывается на регуляции кровоснабжения пульпы.

Увеличивается частота формирования в пульпе диффузных отложений извести (петрификатов) вдоль крупных кровеносных сосудов и нервов или независимо от них, что иногда ведет к образованию камней пульпы. Отдельные авторы отрицают связь этого явления с возрастом, указывая, что петрификация пульпы возникает чаще при повышенной стираемости зубов, альвеолярной пиорее, а также в ретенированных зубах.

Таким образом, возраст и изменение функции зубов могут вызывать одинаковые структурные нарушения в пульпе в виде ее петрификации, что в конечном счете связано с понижением ее жизнедеятельности.



## **СТРОЕНИЕ ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО АППАРАТА ЗУБА**

Зубы прочно укреплены в зубных альвеолах верхней и нижней челюстей. Поддерживающий, или опорный, аппарат зуба (пародонт) состоит из цемента, периодонтальной связки (периодонт), костной альвеолы и десны. Он выполняет ряд функций:

- опорную и амортизирующую – укрепляет зуб в альвеоле, распределяет и регулирует жевательную нагрузку;
- барьерную – образует барьер, препятствующий проникновению микроорганизмов и вредных веществ в область корня;
- трофическую – обеспечивает питание цемента и периодонта;
- рефлекторную, благодаря наличию в периодонте большого количества чувствительных нервных окончаний.

К тканям, непосредственно окружающим зуб, относятся периодонт, зубная альвеола, десна.

### **Периодонт**

Периодонт (перицемент, или периодонтальная связка) является важной частью поддерживающего аппарата зуба, расположенной между цементом и стенкой альвеолы. Функции периодонта разнообразны: опорно-удерживающая; распределяющая давление; трофическая; барьерная; пластическая; сенсорная; гомеостатическая и др.

По строению периодонт – это соединительная ткань, богатая коллагеновыми волокнами и клетками, объединенными в связывающий комплекс внеклеточным аморфным веществом. Последнее занимает до 65 % объема межклеточного пространства и содержит гликозаминогликаны (преимущественно дерматан-сульфат) и гликопротеины. По строению основное (аморфное) вещество представляет собой очень вязкий гель, содержащий до 70 % воды, благодаря чему он играет существенную роль в амортизации нагрузок, воздействующих на зуб во время акта жевания.

Коллагеновые волокна, состоящие из коллагена I и III типов, одним концом вплетаются в цемент, другим – в стенки зубной альвеолы, образуя пучки со специфической ориентацией, поддерживающие зуб. Волокна натянуты в узкой щели шириной 0,2–0,3 мм, ограниченной корнем зуба и стенкой альвеолы, которая называется периодонтальным пространством. Ширина этого пространства не остается постоянной: она уменьшается при бездействии зуба и увеличивается при интенсивных окклюзионных нагрузках. Две трети

объема периодонтального пространства занимают коллагеновые пучки, остальную часть – рыхлая волокнистая соединительная (интерстициальная) ткань. Другими составными элементами периодонта являются: кровеносные и лимфатические сосуды, нервы и нервные рецепторы, эпителиальные тельца (островки) Малассе, иногда цемент (в виде цементиклей).

Основными источниками кровоснабжения периодонта служат передние верхние (*aa. alveolares superiores anteriores*), задняя верхняя (*a. alveolaris superior posterior*) и нижняя (*a. alveolaris inferior*) альвеолярные артерии. От последних отходят:

- зубные ветви (*rr. dentales*), часть которых направляется от периапикальной части периодонта в сторону десны;
- межальвеолярные артерии (*rr. interalveolares*), отдающие ветви (артериолы) к периодонту (*rr. periodontales*) через костные отверстия в стенках альвеолярного отростка, и десневые ветви (*rr. gingivales*) к слизистой оболочке, покрывающей альвеолярные отростки.

Сосуды в большинстве своем ориентированы параллельно длинной оси корня; их больше в периодонте многокорневых зубов, чем в однокорневых, а в нижней челюсти больше, чем в верхней. От более крупных сосудов отходят капилляры, формирующие сплетение вокруг корня. Часть капилляров периодонта относится к фенестрированному типу, обладающему повышенной проницаемостью, что необходимо для обеспечения быстрого транспорта воды в основное вещество периодонта с целью компенсации давления в периодонтальной щели к жевательным нагрузкам, воздействующим на зуб.

Вены, собирающие кровь из периодонта, направляются большей частью в одноименные артериям венозные коллекторы альвеолярного отростка верхней челюсти и альвеолярной части нижней челюсти.

Система лимфатических сосудов развита слабо. В ткани периодонта располагаются немногочисленные лимфатические капилляры, продолжающиеся в собирательные лимфатические сосуды, имеющие клапаны и идущие совместно с венами.

Кровеносные сосуды периодонта обильно анастомозируют с сосудами десны, костей и костномозговых пространств челюсти. Этому содействует большое количество отверстий в стенках альвеол, через которые периодонтальная щель тесно связана с костномозговыми ячейками челюсти. Этот факт имеет важное значение с точки зрения возможных путей распространения инфекции.

Периодонт получает как афферентную, так и эфферентную иннервацию. Афферентные нервы отходят к периодонту от зубных ветвей альвеолярных нервов (проходят в периодонте до десны) и от нервов, проникающих в отверстия межзубной и межкорневой костных перегородок (Фолькмановские каналы) из верхнего и нижнего зубных сплетений, которые направляются в сторону верхушки корня или коронки. Волокна из обоих источников, смешиваясь, образуют нервное сплетение в периодонтальном пространстве. Большая часть афферентных волокон безмиелиновые, диаметром 0,5–1,0 мкм.

Нервные окончания периодонта относятся преимущественно к механорецепторам и болевым рецепторам (ноцицепторам). Наиболее богат чувствительной иннервацией периодонт у верхушки корня; она значительно меньше в области верхней трети корня и в пучках циркулярной связки зуба.

Эфферентные нервы, представленные в основном симпатическими безмиелиновыми волокнами, формирующими окончания вокруг кровеносных сосудов, вероятно, участвуют в регуляции интенсивности кровотока в тканях периодонта. Парасимпатические волокна в перицементе не описаны.

Наличие в периодонте большого количества нервных волокон и чувствительных нервных окончаний определяет важную роль периодонта в рефлекторной регуляции жевательного давления, а также в качестве своеобразного органа осязания. Учитывая разнообразие форм рецепторов, заложенных в периодонте, можно предполагать, что их функция не ограничивается восприятием тактильных раздражений и жевательного давления. Несомненно, что раздражение рецепторов может явиться источником сильных болевых ощущений.

Таким образом, периодонт с его нервным аппаратом представляет собой обширное рефлексогенное поле, оказывающее влияние (в случае его сильного раздражения) на деятельность органов, непосредственно не связанных с зубочелюстной системой.

Нормальное функционирование периодонта, несомненно, связано с клетками, большое количество которых находится между волокнами периодонтальной связки. Эти клетки образуют и поддерживают все части прикрепляющего аппарата зуба. Среди них основными являются фибробласты, продуцирующие коллагеновые волокна периодонта, цементабласты (синтез цемента) и остеобласты (образование альвеолярной кости).

Преобладающим типом клеток периодонта являются фибробласты. Это уплощенные отростчатые клетки, лежащие вдоль колла-

геновых волокон, которые образуют многочисленные соединения друг с другом посредством десмосом, щелевых и плотных соединений, формируя в периодонте единую трехмерную сеть.

Основная функция этих клеток – образование и выделение коллагена. Коллагеновые волокна периодонтальной связки подвергаются почти непрерывному процессу образования и перестройки (моделирования) в связи с функцией зуба, направлением жевательных усилий мышц, изменением окклюзионных соотношений зубных рядов и т.п. Оба эти вида деятельности выполняются, вероятно, системой фибробласт – фиброкласт одновременно.

Образование фибробластами коллагена и дезинтеграция макромолекул происходят в течение всей жизни зуба, приводя к удлинению или укорочению волокон периодонта, т.е. его структурно-функциональной адаптации к изменяющимся условиям деятельности зубочелюстного аппарата.

Цементобласты образуют слой клеток вдоль периодонтальной поверхности цемента корня зуба. Это клетки переменной (чаще отростчатой) формы с округлым ядром и хорошо развитым синтетическим аппаратом. Они образуют в период активного формирования цемента непрерывный слой, вырабатывающий прецемент (необызвествленный органический матрикс цемента), который в дальнейшем подвергается минерализации.

Остеобласты располагаются в периодонте на поверхности стенки зубной альвеолы, формируя в активном состоянии непрерывный слой клеток, которые вырабатывают остеоид, осуществляя в дальнейшем его минерализацию.

В процессе возрастной перестройки костной ткани альвеолы остеобласты тесно взаимодействуют с остеокластами и одонтокластами. Последние появляются при резорбции (рассасывании) корней молочных зубов, а также при ряде патологических состояний, связанных с процессами в тканях корня.

В небольших количествах в интерстициальной соединительной ткани периодонта содержатся также макрофаги, лейкоциты (эозинофильные гранулоциты, моноциты, лимфоциты), тучные клетки. Они обеспечивают развитие и течение защитных реакций, поэтому при воспалительных процессах их содержание резко увеличивается.

В непосредственной близости к цементу часто обнаруживаются островки эпителиальных клеток – тельца Малассе, которые образуются в период формирования корня зуба вследствие распада эпителиального корневого влагалища (Гертвиговское эпителиальное влагалище).

Они более многочисленны в апикальной части корня, а в более позднем возрасте – в шейном отделе. Наибольшее количество телец Малассе отмечается в детском возрасте (10–15 лет). Микроскопически это компактные скопления мелких клеток с относительно крупными ядрами и цитоплазмой, богатой гликогеном. По морфологическим признакам выделяют три типа телец Малассе: покоящиеся, дегенерирующие и пролиферирующие.

В дегенерирующих островках присутствуют темные клетки с пикнотическими ядрами, подвергающимися постепенному разрушению и обызвествлению с образованием кальцификатов. Пролиферирующие тельца имеют крупные размеры с клетками, характеризующимися заметной синтетической и пролиферативной активностью. С возрастом увеличивается количество телец Малассе третьего типа. Функция этих образований неясна. Однако эти клетки жизнеспособны, метаболически достаточно активны и, по некоторым представлениям, играют определенную роль в образовании кист периодонта, а также в развитии злокачественных опухолей.

Кроме рассмотренных клеток, в периодонте много недифференцированных эктомезенхимальных клеток, происходящих из зубного фолликула (мешочка). Это полипотентные клетки, способные видоизменяться в любую клетку периодонта. Они являются основным резервом для всех клеток периодонтальной связки в течение всей жизни индивидуума.

В периодонте, кроме клеток, имеется большое количество пучков коллагеновых волокон, натянутых между стенками зубной альвеолы челюсти и цементом корня зуба.

Каждый пучок одним своим концом внедряется в кость альвеолярной стенки, другим – в цемент, причем их терминальные участки в обеих тканях называют прободающими (шарпеевскими) волокнами. Последние в кости обычно имеют значительно большую толщину (10–20 мкм), чем в цементе (3–5 мкм).

Особенностью коллагеновых фибрилл периодонта является их сравнительно небольшой диаметр – в среднем 50–60 нм, что в 2–4 раза меньше диаметра коллагеновых волокон в сухожилиях. Они характеризуются слегка волнообразным ходом, т.е. способны незначительно удлиняться при натяжении. Поэтому, несмотря на отсутствие у них эластичности, коллагеновые волокна могут обеспечивать ограниченные движения зуба.

В промежутках между пучками плотной соединительной ткани располагаются прослойки рыхлой соединительной ткани, в которых

проходят кровеносные и лимфатические сосуды, нервы, находятся специальные рецепторы, а также цементикли и тельца Малассе. Здесь же имеется небольшое количество тонких эластических волокон с кровеносными сосудами.

В последнее время в периодонте в дополнение к коллагеновым и эластическим волокнам обнаружен третий тип волокон – окситалановые, диаметром 0,5–1,0 мкм, которые относят к презластическим волокнам. Они многочисленны в области шейки зуба и располагаются обычно в центральном отделе периодонтального пространства аксиально, образуя вокруг корня трехмерную сеть, пронизывающую пучки коллагеновых волокон под прямым углом.

Пучки коллагеновых волокон, являясь основной группой волокон периодонта, могут быть охарактеризованы по своему расположению, ориентации, топографии и т.п. На основе этого Р. П. Самусев, С. В. Дмитриенко, А. И. Краюшкин (2002) выделяют пять (в многокорневых зубах – шесть) основных пучков, начиная от эмаливо-цементной границы к верхушке корня:

- 1) альвеолярные гребешковые волокна;
- 2) верхние горизонтальные волокна;
- 3) косые волокна (самая большая группа);
- 4) нижние горизонтальные волокна;
- 5) апикальные волокна;
- 6) межкорневые волокна.

**1. Альвеолярные гребешковые волокна** проходят косо от гребешка альвеолярной кости к цементу в области эмаливо-цементной границы и располагаются преимущественно в щечно-язычной плоскости.

**2. Горизонтальные волокна** (верхние и нижние) расположены под прямым углом к длинной оси зуба, простираются от цемента к альвеолярной кости. Верхняя горизонтальная группа обычно находится непосредственно под альвеолярными гребешковыми волокнами, участвуя в формировании циркулярной связки, в то время как нижние горизонтальные волокна расположены сразу ниже косых волокон.

**3. Косые волокна** составляют самую важную группу волокон периодонта. Они занимают средние 2/3 периодонтального пространства, располагаясь от цемента к кости. Эти волокна вплетаются в цемент корня более апикально, чем в альвеолярной кости. Волокна противостоят вертикальным усилиям.

**4. Апикальные волокна** расходятся от цемента верхушечной части корня к окружающей костной ткани (к дну зубной альвеолы).

Вместе с основным аморфным веществом и его связанной водой они функционируют как своеобразная гидросистема для противостояния вертикальным усилиям.

5. **Межкорневые волокна** обнаружены только между корнями многокорневых зубов, где они идут от цемента к межкорневым костным перегородкам в горизонтальном или вертикальном направлении.

С. С. Михайлов, Л. Л. Колесников (2001) в устье зубной альвеолы (краевой периодонт) в удерживающем аппарате выделяют *зубодесневую, межзубную и зубоальвеолярную группы* пучков волокон.

1. **Зубодесневые волокна**, *fibrae dentogingivales*, начинаются от цемента корня у дна десневого кармана и распространяются веерообразно кнаружи в соединительную ткань десны. Пучки хорошо выражены на вестибулярной и оральной поверхностях и сравнительно слабо на контактных поверхностях зубов. Толщина пучков волокон не превышает 0,1 мм.

2. **Межзубные волокна**, *fibrae interdentaliae*, образуют мощные пучки шириной 1,0–1,5 мм. Они простираются от цемента контактной поверхности одного зуба через межзубную перегородку к цементу соседнего зуба. Эта группа пучков выполняет особую роль: сохраняет непрерывность зубного ряда и участвует в распределении жевательного давления в пределах зубной дуги.

3. **Зубоальвеолярные волокна**, *fibrae dentoalveolares*, начинаются от цемента корня на всем протяжении и идут к стенке зубной альвеолы. Пучки волокон начинаются на вершущке корня, распространяются почти вертикально, в приверхушечной части – горизонтально, в средней и верхней трети корня они идут косо снизу вверх. На многокорневых зубах пучки идут менее косо, в местах разделения корня следуют сверху вниз, от одного корня к другому, перекрещиваясь друг с другом. При отсутствии зуба-антагониста направление пучков становится горизонтальным.

Таким образом, в различных отделах периодонтального пространства пучки коллагеновых волокон имеют различное направление, обеспечивая прочную связь зуба с костной альвеолой. Так, у краев зубной альвеолы они натянуты почти в горизонтальном направлении, образуя **циркулярную связку зуба** (*ligamentum circulare dentis*). Волокна этой связки одними своими концами укреплены в цементе вблизи эмалево-цементной границы, а другими – вплетаются в соединительную ткань десны или прикрепляются к гребню альвеолярного отростка. В составе циркулярной связки зуба выде-

ляются транссептальные волокна периодонта, которые идут от цервикального цемента одного зуба к шеечному цементу смежного зуба в медиально-периферическом направлении над гребешком альвеолярной кости в толще межзубного сосочка. Они образуют потенциально плотный барьер из соединительной ткани распространению инфекции, воспаления, вредных веществ из полости рта в периодонтальное пространство и к корню зуба.

Совокупность волокон перицементы, идущих в радиальном направлении в окружности шейки зуба и вершины корня, ограничивает возможность боковых (качательных) движений зуба при жевании. Разрушение этих волокон, например, при пародонтозе вызывает резкое увеличение подвижности зубов. Однако и в нормальных условиях наблюдается некоторая физиологическая подвижность зубов, обусловленная неодинаковой шириной перицементной щели в разных отделах корня одного и того же зуба и в окружности разных зубов одного и того же человека.

Ширина периодонтальной щели зубов человека составляет возле устья альвеолы 0,15–0,35 мм, в средней трети корня – 0,10–0,30 мм, у верхушки корня – 0,30–0,55 мм. В средней трети корня периодонтальная щель имеет перетяжку, поэтому условно ее можно сравнить по форме с песочными часами, что связано с микродвижениями зуба в альвеоле. После 55–60 лет ширина периодонтальной щели суживается (в 72 % случаев).

В области резцов ширина перицементной щели значительно больше, чем в окружности корней моляров. Она неодинакова также на медиальной и дистальной поверхностях зубов, причем на последней она обычно шире.

У зубов, лишенных антагонистов и, следовательно, не функционирующих, периодонтальная связка утрачивает правильное расположение пучков коллагеновых волокон и делается очень тонкой. Напротив, при повышенной нагрузке на зуб наблюдаются утолщение периодонтальных волокон и перестройка окружающей корень зуба кости альвеолы, а также отложение новых слоев цемента на поверхности корня. Одновременно в вещество цемента включаются новые волокна периодонта, возникшие благодаря деятельности фибробластов. Эти волокна приходят на смену старым дегенерировавшим волокнам перицементы. Этим объясняется, например, возможность перемещения зуба в процессе ортодонтического лечения без нарушения его связей с окружающими тканями.

Оценивая в целом роль и значение пучков коллагеновых волокон периодонта, многие авторы рассматривают их как подвешива-



вающий аппарат, который предохраняет сосудисто-нервный пучок, вступающий в апикальное отверстие корня, от сдавления во время жевания. Другие исследователи считают основной ролью периодонта (помимо укрепления корня зуба в альвеоле) трансформацию жевательного давления и передачу его равномерно на все стенки зубной альвеолы, а не только на ее пришеечную часть.

### **Возрастные изменения периодонта**

В периодонте в течение всей жизни индивидуума постоянно происходят пластические процессы обновления его составных элементов: фибробластов и других клеток, коллагеновых волокон и межклеточного вещества. Интенсивность обновления коллагена в периодонте в два раза выше, чем в десне, и в четыре – чем в коже. Высокая скорость обновления коллагена является свидетельством важной роли непрерывной перестройки периодонта в постоянно протекающих процессах адаптации поддерживающего аппарата зуба к меняющимся нагрузкам.

С возрастом снижаются пластические возможности клеток периодонта, что находит выражение в уменьшении количества активных клеток (фибробластов, остеобластов, цементабластов), сокращении синтеза коллагеновых волокон, ухудшении кровоснабжения тканей перицементы. Отмечается уменьшение ширины периодонтальной щели. Эти изменения, несомненно, вызывают ослабление фиксирующего аппарата корня зуба, его барьерных свойств, увеличение подвижности зубов, что с неизбежностью приводит к необходимости врачебного вмешательства.

### **Зубная альвеола**

**Зубные альвеолы** (*alveoli dentales*) располагаются в альвеолярном отростке верхней челюсти и альвеолярной части нижней челюсти. Эти отделы челюстей формируются по мере развития и прорезывания зубов и почти полностью исчезают с их потерей.

Каждая альвеола представляет собой костную лунку, в которой располагается зуб. Края альвеолы не доходят до шейки зуба (эмалево-цементной границы), поэтому глубина зубных альвеол несколько меньше длины корня соответствующего зуба и последний слегка выступает из костей челюсти. Эта часть корня зуба в нормальных условиях охватывается десной. Самой глубокой является альвеола клыка. На дне альвеол обычно имеется несколько отверстий для сосудов и нервов, идущих к зубу.

В альвеолярном отростке верхней челюсти 16 зубных альвеол для корней зубов. В альвеолах различают вестибулярную (губную или щечную) и язычную (небную) стенки. Альвеолы отделены друг от друга костными межальвеолярными перегородками (*septa interalveolaria*). Альвеолы многокорневых зубов содержат также межкорневые перегородки (*septa interradicularia*), отделяющие корни зуба друг от друга.

Форма и величина альвеол соответствуют форме и величине корней зуба. Альвеолы для корней резцов конусовидные, с округлыми очертаниями, альвеолы для клыка и малых коренных зубов – овальные и сдавлены в мезиально-дистальном направлении. Альвеола первого премоляра верхней челюсти часто бывает разделена межкорневой перегородкой на язычную и вестибулярную корневые камеры. В трех последних альвеолах верхней челюсти, наибольших по размеру, находятся корни больших коренных зубов. Каждая из них разделена межкорневыми перегородками на три корневые камеры, из которых две обращены к вестибулярной, а третья – к небной поверхности альвеолярного отростка.

Вестибулярные камеры несколько сжаты с боков, поэтому их размер в переднезаднем направлении меньше, чем в небно-щечном.

Небные (язычные) камеры альвеол имеют округлую форму. В связи с непостоянным количеством и формой корней третьего моляра его альвеола переменна по форме и может быть однокамерной или разделена на две-три и более части.

Альвеолярная часть нижней челюсти также содержит 16 зубных альвеол для корней зубов, отделенных друг от друга межальвеолярными перегородками. Стенки альвеол, обращенные к губам и щекам, называются вестибулярными, а стенки, обращенные к языку, – язычными.

Форма, величина, а также толщина стенок альвеол для зубов разных групп различна. Альвеолы резцов сдавлены с боков, а толщина язычной стенки альвеол больше вестибулярной.

Форма альвеол клыка и особенно премоляров округлая, язычная стенка также толще вестибулярной. Наиболее глубокой является альвеола клыка и второго премоляра. Толщина стенок здесь больше, чем у альвеол резцов.

Альвеолы моляров содержат межкорневые перегородки: в первых двух молярах одна перегородка разделяет ее на переднюю и заднюю камеры для соответствующих корней, а в области третьего моляра может быть одна или несколько перегородок. Часто альвеола

этого зуба бывает конической формы без перегородок. Стенки альвеол моляров толще, чем у альвеол остальных зубов нижней челюсти.

В альвеолярном отростке верхней челюсти и альвеолярной части нижней челюсти выделяют две части: собственно альвеолярную кость стенки альвеолы и поддерживающую альвеолярную кость. Первая представляет собой тонкую (0,1–0,3 мм) костную пластинку, окружающую корень зуба, к которой прикрепляются волокна периодонтальной связки. Она состоит из пластинчатой костной ткани, образующей остеоны, пронизана большим количеством прободающих (шарпеевских) волокон периодонта и содержит множество отверстий, через которые в периодонтальное пространство проникают кровеносные и лимфатические сосуды и нервы.

Поддерживающая альвеолярная кость включает:

- компактную кость, образующую наружную (щечную или губную) и внутреннюю (язычную или ротовую) стенки альвеолярного отростка, называемые также кортикальными пластинками;

- губчатую кость, которая располагается между стенками альвеолы и кортикальными пластинками.

Кортикальные пластинки альвеолярного отростка без резкой границы переходят в кость тела челюсти. Толщина пластинок неодинакова в разных отделах альвеолярного отростка и альвеолярной части: они значительно тоньше в верхней челюсти, чем в нижней. Наибольшей толщины они достигают в области премоляров и моляров нижней челюсти, а также на язычной стороне. Губчатая кость заполняет все промежутки между стенками зубных альвеол и кортикальными пластинками, а также образует межкорневые и межзубные перегородки.

Перекладины (трабекулы) губчатой кости распределяют силы, действующие на стенки альвеолы, на кортикальные пластинки, поэтому их расположение обычно соответствует направлению усилий, действующих на альвеолу при жевательных движениях. Так, в области боковых стенок альвеол они располагаются преимущественно горизонтально, а у их дна имеют вертикальный ход. Пространства между перекладинами губчатой кости заполнены в детском и юношеском возрасте красным костным мозгом, а у взрослого – желтым костным мозгом. Отдельные участки красного костного мозга могут сохраняться в течение всей жизни.

## **Возрастные изменения зубной альвеолы**

В течение жизни индивидуума костная ткань стенки зубной альвеолы, как и поддерживающая кость альвеолярного отростка, находится в состоянии постоянной перестройки. Это обеспечивает адаптацию костной ткани альвеолы к меняющимся функциональным нагрузкам, что отчетливо проявляется при физиологическом и ортодонтическом перемещениях зубов.

С возрастом зубы постепенно стираются на окклюзионных и аппроксимальных поверхностях. Стирание зуба компенсируется его постепенным выдвижением из костной альвеолы. Важными механизмами этого процесса являются прежде всего отложение цемента в области верхушки корня, а также перестройка стенки альвеолы, на дне которой и в области межкорневых перегородок происходит образование новой костной ткани.

При стирании аппроксимальных поверхностей зубы становятся менее выпуклыми, однако контакт между ними не нарушается, так как одновременно происходит истончение межзубных перегородок.

Этот компенсаторный процесс известен как аппроксимальное, или медиальное, смещение зубов, движущими факторами которого являются окклюзионные силы, а также транссептальные волокна периодонта, сближающие зубы. При этом возникает ряд изменений в стенке альвеолы и периодонте, которые можно обозначить как физиологическую перестройку поддерживающего аппарата зуба.

На медиальной стороне альвеолы (в направлении перемещения зуба) происходят сужение периодонтального пространства и резорбция костной ткани. На латеральной ее стороне периодонтальное пространство расширяется, волокна перицемента натягиваются, а на стенке альвеолы происходят образование новой и отложение грубо-волокнистой костной ткани, которая в дальнейшем замещается пластинчатой.

Эта способность костной ткани альвеолы к перестройке широко используется при ортодонтических вмешательствах, направленных на смещение зуба на новое место. При этом благодаря использованию специальных устройств удастся обеспечить такое воздействие на стенку альвеолы, которое приводит к резорбции костной ткани в области давления и образованию новой костной ткани в области натяжения, т.е. к исправлению положения зуба в зубном ряду при некоторых аномалиях зубочелюстной системы.

## Десна

**Десна** подразделяется на три части: прикрепленную, свободную и межзубную.

Прикрепленная часть десны прочно сращена с надкостницей альвеолярного отростка верхней челюсти и альвеолярной части нижней челюсти.

Свободная часть десны – это край десны, который свободно прилежит к поверхности коронки зуба, отделяясь от нее лишь узкой щелью – десневой бороздой. Десна не имеет прочного соединения с надкостницей и обладает некоторой подвижностью. Границей между свободной и прикрепленной частями десны является неглубокая борозда – десневой желобок, располагающийся параллельно десневому краю на расстоянии 0,5–1,5 мм от него примерно на уровне дна десневой борозды или немного выше ее.

Межзубная часть образует треугольной формы межзубной сосочек, заполняющий промежуток между соседними зубами. Различают два вида межзубных сосочков – вестибулярные и язычные, соединенные друг с другом посредством межсосочковой связки.

В связи с постоянными механическими нагрузками в процессе пережевывания пищи эпителий и соединительная ткань десны имеют особенности строения адаптационного характера. Десна выстлана многослойным плоским, частично ороговевающим эпителием толщиной в среднем 220–250 мкм, который в области десневой борозды утрачивает роговой слой. Поверхность десны, покрытая неороговевающим эпителием, составляет около 8–10 %, ороговевающим путем ортокератоза – 12–15 %, путем паракератоза – 70–75 %.

Клетки базального слоя эпителия десны характеризуются высокой митотической активностью, поэтому скорость обновления эпителия здесь выше, чем в других участках слизистой оболочки рта. В базальном слое содержатся многочисленные меланоциты, которые продуцируют меланин, накапливающийся в значительном количестве в эпителиальных клетках, определяя пигментацию десны.

Граница между эпителием и собственной пластинкой слизистой оболочки имеет фестончатый характер вследствие внедрения в него высоких соединительнотканых сосочков собственной пластинки.

Эпителий десны непосредственно переходит в эпителий борозды и эпителий прикрепления. Эпителий борозды образует латеральную стенку десневой борозды. У верхушки десневого сосочка он переходит в эпителий десны, а в направлении шейки зуба – в эпителий прикрепления.

**Десневая борозда** (*sulcus gingivalis*) – узкое щелевидное пространство между зубом и десной, простирающееся от края свободной части десны до эпителия прикрепления. Глубина борозды – от 0,5 до 3 мм, в среднем – около 2 мм. Увеличение с возрастом глубины десневой борозды более 3 мм превращает ее в десневой карман между десневым краем и поверхностью зуба. Дно десневого кармана может достигать уровня пришеечной части эмали зуба.

В десневой борозде содержится жидкость, в которой находятся десквамированные клетки эпителия, бактерии, зернистые лейкоциты, мигрировавшие в борозду через эпителий. Из крови в десневую жидкость транспортируются электролиты, иммуноглобулины, антибактериальные вещества.

Химический анализ показал наличие в десневой жидкости аминокислот, пептидов, углеводов, мочевины, бактериальных токсинов, ферментов (лизоцим, лактопероксидаза), антител. Здесь же могут накапливаться некоторые антибиотики (в частности, тетрациклинового ряда) в концентрациях, в 4–8 раз превышающих их уровень в сыворотке крови. Объем десневой жидкости в физиологических условиях ничтожно мал, однако он резко возрастает при воспалении.

Эпителий борозды сходен с эпителием десны, однако тоньше его и не подвергается ороговению. Эпителиальные клетки имеют небольшие размеры и содержат в цитоплазме значительное количество тонофиламентов. Граница между эпителием и собственной пластинкой слизистой оболочки ровная ввиду отсутствия соединительнотканых сосочков. В эпителии и подлежащей соединительной ткани отмечается значительное количество зернистых лейкоцитов, макрофагов и лимфоцитов.

Эпителий прикрепления является продолжением эпителия борозды, выстилая ее дно и образуя вокруг зуба манжетку, которая прочно связана с поверхностью эмали, покрытой первичной кутикулой. По строению это многослойный плоский эпителий, толщина пласта которого наибольшая в области дна десневой борозды (15–30 слоев клеток) и уменьшается в направлении шейки до 1–3 слоев. Его клетки независимо от места расположения в пласте имеют уплощенную форму и ориентированы параллельно поверхности зуба.

Наиболее интересной морфологической особенностью строения эпителия прикрепления является расположение эпителиальных клеток между двумя базальными мембранами. Клетки эпителия располагаются на базальной мембране, соединяющей его с собственной

пластинкой слизистой оболочки десны. Поверхностные клетки этого эпителия обеспечивают прикрепление десны к поверхности зуба с помощью полудесмосом, связанных со второй (внутренней) базальной мембраной, расположенной между зубом и эпителием прикрепления.

Обе базальные мембраны имеют сходное строение и состоят из двух зон:

1) электронно-прозрачной зоны, расположенной у основания эпителиоцитов базального слоя и называемой прозрачной пластинкой;

2) электронно-плотной зоны, лежащей ниже прозрачной пластинки.

Пластинки содержат коллаген IV типа, ламинин, анхорин, гликопротеиды.

Эпителиальные клетки, соединенные с внутренней базальной мембраной, не подвергаются десквамации, что нехарактерно для клеток многослойного плоского эпителия.

Десквамацию претерпевают клетки, лежащие под поверхностным слоем эпителия прикрепления, которые смещаются в сторону десневой борозды и затем слущиваются в ее просвет. Интенсивность этого процесса в эпителии прикрепления в 50–100 раз превосходит десквамацию в эпителии десны.

Потеря клеток возмещается их интенсивным новообразованием в базальном слое эпителия, для клеток которого характерна очень высокая митотическая активность. Из базального слоя клетки смещаются одновременно в направлении эмали и десневой борозды.

Обычно скорость обновления эпителия прикрепления составляет у человека 5–8 суток, а при повреждении его полное восстановление происходит в течение 5–6 суток.

По своей ультраструктуре клетки базального слоя эпителия прикрепления несколько отличаются от эпителиоцитов остальной части десны.

Цитоплазма клеток содержит хорошо развитую гранулярную эндоплазматическую сеть и выраженный комплекс Гольджи, в то же время тонофиламенты занимают в ней значительно меньший объем.

Состав цитокератиновых промежуточных филаментов цитоплазмы, а также поверхностных мембранных углеводов, характерный для малодифференцированных клеток, указывает на наличие в эпителии прикрепления такого класса клеток. В связи с этим ряд исследователей предполагают, что поддержание клеток эпителия

прикрепления в относительно малодифференцированном состоянии важно для сохранения их способности к образованию полудесмосом, обеспечивающих связь эпителия с поверхностью зуба.

Количество десмосом, связывающих клетки эпителия прикрепления, в 3–4 раза меньше, чем в эпителии борозды. В связи с этим межклеточные промежутки обычно расширены, в них содержатся мигрирующие к поверхности из собственной пластинки клетки типа зернистых лейкоцитов, моноцитов и лимфоцитов. В то же время многие вещества через широкие межклеточные пространства переносятся в обратном направлении из слюны и полости рта (бактерии, бактериальные токсины, другие антигены), что, возможно, необходимо для адекватной стимуляции иммунной системы.

Собственная пластинка десны состоит из сосочкового и сетчатого слоев. Сосочковый слой образован рыхлой неоформленной соединительной тканью, содержащей большое количество кровеносных сосудов и нервных волокон с многочисленными нервными окончаниями. Высокие сосочки этого слоя сглаживаются в области десневой борозды.

Сетчатый слой представлен плотной соединительной тканью с высоким содержанием коллагеновых волокон, пучки которых прочно прикрепляют десну на большем ее протяжении к надкостнице альвеолярного отростка (прикрепленная десна). С другой стороны, в надальвеолярной зоне собственной пластинки десны содержатся функционально ориентированные пучки коллагеновых волокон, формирующие в десне фиброзные связки:

- **преддверно-ротовые волокна** (*fibrae gingivales vestibulo-orales*) располагаются по средней линии, направляясь в межзубных промежутках от вестибулярной поверхности десны к оральной;

- **зубодесневые волокна** (*fibrae dentogingivales*) начинаются от цемента корня у дна десневой борозды и распространяются веерообразно в соединительную ткань десны. Пучки хорошо выражены на вестибулярной и оральной поверхностях, слабее – на контактных;

- **спиральные межзубные волокна** (*fibrae interdentalis spirales*) начинаются в десне у дна десневой борозды на медиальной поверхности зуба, окружают его в виде спирали и вплетаются частично в цемент этого же зуба на дистальной поверхности, частично на медиальной поверхности соседнего зуба;

- **межзубные волокна** (*fibrae interdentalis*) образуют пучки толщиной 1,0–1,5 мм, идущие от цемента контактной поверхности одного зуба через межзубную перегородку к цементу соседнего зу-



ба. Они продолжают на корни (межкорневые волокна). Эта группа пучков играет особую роль, сохраняя непрерывность зубного ряда. Они участвуют в распределении жевательного давления в пределах зубной дуги;

– **зубопериостальные волокна** (*fibrae dentoperiostales*) проходят от шейки зуба к надкостнице челюстей. В области резцов и клыков эти волокна лучше выражены на контактных поверхностях, а в премолярах и молярах хорошо выражены со всех сторон.

Часть этих связок входит в состав периодонтальной мембраны. Для собственной пластинки слизистой оболочки в области зубодесневого соединения характерно следующее:

– относительная малочисленность коллагеновых волокон и фибробластов;

– обширная сеть кровеносных сосудов;

– высокое содержание клеток лейкоцитарного ряда.

Из просвета многочисленных сосудов непрерывно выселяются гранулоциты (преимущественно нейтрофильные), лимфоциты и моноциты, которые через межклеточное вещество соединительной ткани двигаются в направлении эпителия и в конечном счете попадают в десневую борозду, а затем в слюну.

Таким образом, десна является одним из главных источников лейкоцитов, находящихся в слюне и превращающихся в слюнные тельца. Число лейкоцитов, мигрирующих указанным путем в ротовую полость, составляет в норме около 3000–5000 в одну минуту. Большая их часть (70–90 %) в начальный период после миграции обладает высокой функциональной активностью.

При патологии число мигрирующих лейкоцитов существенно увеличивается. Предполагают, что на скорость движения лейкоцитов оказывают влияние хемотаксические факторы, выделяемые бактериями, которые находятся в десневой борозде или около нее.

Таким образом, столь высокое содержание лейкоцитов необходимо для защиты сравнительно тонкого и неороговевающего эпителия десневой борозды и эпителия прикрепления, а также подлежащих тканей от проникновения микроорганизмов со стороны полости рта.

### **Возрастные изменения десны**

У детей десны сравнительно толще, чем у взрослых. У них с непрорезавшимися зубами на каждой челюсти в области верхнего края их альвеол на десне формируется по 10 «зубных бугорков», со-

ответствующих молочным зубам и отделенных друг от друга неглубокими бороздами. «Зубные бугорки» лучше развиты на нижней челюсти, а также на зачатках коренных зубов. Бугорки верхней челюсти несколько шире, чем нижней. На свободном крае десен, на уровне резцов и клыков, до прорезывания зубов имеются складки слизистой оболочки, которые лучше развиты на нижней челюсти. Они исчезают при прорезывании зубов. В этот период зубодесневое соединение находится на уровне эмали.

Такое положение сохраняется до 20–30 лет (I стадия возрастных изменений). В последующий период функционирования зуба наблюдается прогрессирующая апикальная миграция эпителия на поверхность внеклеточного цемента. Этот процесс известен как рецессия десны. Рост эпителия прикрепления вдоль поверхности цемента ведет к смещению дна десневой борозды до эмалево-цементной границы (II стадия). В последующем отмечается переход эпителиального прикрепления с коронки на цемент (III стадия), а затем – полное перемещение эпителия на поверхность цемента с обнажением части корня (IV стадия). В первых двух стадиях анатомическая коронка больше клинической, в III – они равны, а в IV стадии анатомическая коронка меньше клинической. Обнажение цемента может в последующем способствовать кариесу корней зубов.

Углубление с возрастом десневой борозды может привести к образованию десневого кармана (глубиной до 3 мм и более). При этом десневая жидкость иногда служит основой для образования зубных бляшек (налета). Сначала бляшка имеет мягкую консистенцию и состоит из бактерий ротовой флоры и ее продуктов, протеинов (из слюны), спущенных клеток эпителия, неорганических элементов.

В дальнейшем при минерализации зубная бляшка превращается в зубной камень, который «вносит свой вклад» в патологию периодонта, кариеса, а бактерии бляшки – в развитие зубных болезней.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анатомия человека / под ред. С. С. Михайлова, Л. Л. Колесникова. – М. : Медицина, 2001.
2. Анатомия человека : в 2 т. / под ред. М. Р. Сапина. – М. : Медицина, 2001.
3. Аникин, Ю. М. Построение и свойства костных структур / Ю. М. Аникин, Л. Л. Колесников. – М. : Медицина, 1993.
4. Балин, В. Н. Практическая периодонтология / В. Н. Балин, А. К. Иорданишвили, А. М. Ковалевский. – СПб. : Питер, 1995.
5. Беляков, Ю. А. Стоматологические проявления наследственных болезней и синдромов / Ю. А. Беляков. – М. : Медицина, 1993.
6. Боровский, Е. В. Терапевтическая стоматология / Е. В. Боровский, М. И. Грошиков, В. К. Патрикеев. – М. : Медицина, 1972.
7. Бусыгина, М. В. Болезни зубов и слизистой оболочки полости рта / М. В. Бусыгина. – М. : Медицина, 1967.
8. Быков, В. Л. Гистология и эмбриология органов полости рта человека / В. Л. Быков. – СПб. : СпецЛит, 1996.
9. Быков, В. Л. Функциональная морфология и гистогенез полости рта / В. Л. Быков. – СПб. : Санкт-Петербург. гос. мед. ун-т, 1995.
10. Гайворонский, И. В. Нормальная анатомия человека : в 2 т. / И. В. Гайворонский. – СПб. : СпецЛит, 2000.
11. Гистология / под ред. Э. Г. Улумбекова, Ю. А. Челышева. – М. : ГЭОТАР-МЕД, 2002.
12. Гистология / под ред. Ю. И. Афанасьева, Н. А. Юриной. – М. : Медицина, 1999.
13. Дистель, В. А. Зубочелюстные аномалии и деформации: основные причины развития / В. А. Дистель, В. Г. Сунцов, В. Д. Вагнер. – М. : Мед. книга, 2001.
14. Дмитриенко, С. В. Анатомия зубов человека / С. В. Дмитриенко, А. И. Краюшкин, М. Р. Сапин. – М. : Мед. книга, 2000.
15. Дмитриенко, С. В. Частная анатомия постоянных зубов / С. В. Дмитриенко, А. И. Краюшкин. – Волгоград : Изд-во ВГМА, 1998.
16. Калмин, О. В. Аномалии развития органов и частей тела человека : учеб. пособие / О. В. Калмин, О. А. Калмина. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2007.
17. Карлсон, Б. Основы эмбриологии по Пэттену : в 2 т. / Б. Карлсон ; пер. с англ. – М. : Мир, 1983.

18. Копейкин, В. Н. Зубопротезная техника / В. Н. Копейкин, Я. С. Кнубовец, В. Ю. Курляндский, И. М. Оксман. – М. : Медицина, 1978.
19. Копейкин, В. Н. Руководство по ортопедической стоматологии / В. Н. Копейкин. – М. : Медицина, 1993.
20. Кудрин, И. С. Анатомия органов полости рта / И. С. Кудрин. – М. : Медицина, 1968.
21. Магид, Е. А. Фантомный курс терапевтической стоматологии / Е. А. Магид, Н. А. Мухин, Е. Е. Маслак. – М. : Медицина, 1996.
22. Морфология человека / под ред. Б. А. Никитюка, В. П. Чтецова. – М. : Изд-во Моск. гос. ун-та, 1990.
23. Персин, Л. С. Ортодонтия. Классификация зубочелюстных аномалий / Л. С. Персин. – М. : Инженер, 1998.
24. Привес, М. Г. Анатомия человека / М. Г. Привес, Н. К. Лысенков, В. И. Бушкович. – СПб. : Гиппократ, 2000.
25. Пэттен, Б. М. Эмбриология человека / Б. М. Пэттен ; пер. с англ. – М. : Медгиз, 1959.
26. Руководство по ортопедической стоматологии / под ред. В. Н. Копейкина. – М. : Медицина, 1993.
27. Самусев, Р. П. Основы клинической морфологии зубов / Р. П. Самусев, С. В. Дмитриенко, А. И. Краюшкин. – М. : Оникс 21 век, 2002.
28. Станек, И. Эмбриология человека / И. Станек ; пер. со словац. – Братислава : Веда, 1977.
29. Стоматология детского возраста : рук. для врачей / под ред. Т. Ф. Виноградовой. – М. : Медицина, 1967.
30. Терапевтическая стоматология / под ред. Е. В. Боровского. – М. : Техлит, 1997.
31. Тератология человека : рук. для врачей / под ред. Г. И. Лазюка. – М. : Медицина, 1991.
32. Хем, А. Гистология : в 5 т. / А. Хем, Д. Кормак ; пер. с англ. – М. : Мир, 1982.
33. Штегер, Э. Анатомическая форма жевательной поверхности зуба : атлас и практическое руководство / Э. Штегер. – М. : Квинтэссенция, 1996.
34. Ash, M. M. Wheeler's Dental Anatomy, Physiology and Occlusion / M. M. Ash, S. J. Nelson. – New York : Elsevier Science, 2003.
35. Moor, K. L. Clinically oriented anatomy / K. L. Moor, A. F. Dalley. – Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins, 1999.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| Общий план строения зубов .....             | 3   |
| Зубочелюстная система в целом.....          | 15  |
| Развитие зубов .....                        | 26  |
| Прорезывание зубов.....                     | 49  |
| Строение эмали .....                        | 62  |
| Строение дентина и цемента.....             | 71  |
| Строение пульпы зуба .....                  | 83  |
| Строение поддерживающего аппарата зуба..... | 95  |
| Список литературы .....                     | 113 |

*Учебное издание*

**Калмин Олег Витальевич**

## **Морфология зубов**

Редактор *М. М. Шаркова*

Компьютерная верстка *Н. В. Ивановой*

Дизайн обложки *А. А. Стаценко*

Подписано в печать 17.04.2015.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Усл. печ. л. 6,74.

Тираж 200. Заказ № 331.

---

Издательство ПГУ

440026, Пенза, Красная, 40.

Тел./факс: (8412) 56-47-33; e-mail: [iic@pnzgu.ru](mailto:iic@pnzgu.ru)