

УДК 82-5+611+576.31+611.018+611.314+616.314-08-002-72/.74

## ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ТКАНЕЙ ЗУБА (ЛЕКЦИЯ)

© *Наталья Рафаиловна Карелина, Линард Юрьевич Артюх*

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет.  
194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., 2

**Контактная информация:** Наталья Рафаиловна Карелина — д.м.н., профессор, заведующая кафедрой анатомии человека. E-mail: karelina\_nr@mail.ru

Поступила: 25.02.2022

Одобрена: 17.03.2022

Принята к печати: 07.04.2022

**РЕЗЮМЕ.** Представленный лекционный материал направлен на улучшение учебного процесса по изучению микроскопического строения тканей зуба для самостоятельной практической работы студентов всех факультетов, но в большей степени для обучающихся стоматологического факультета, клинических ординаторов. В данной статье отмечены такие разделы, как части зуба и общий план структурной организации; эмаль — ультраструктура, матрикс, возрастные изменения; дентин — ультраструктура, возрастные изменения; пульпа — функции, изменения в возрастном аспекте; цемент; поддерживающий аппарат зуба (пародонт) — периодонт, альвеолярные отростки, десна, зубодесневое соединение. В данной лекции представлены уникальные рисунки и схемы: ультраструктура энамелобласта, одонтобласта; строение эмали, дентина, пульпы; электронная микрофотография среза эмали, дентина, цемента; ход коллагеновых волокон и дентинных трубочек в дентине; схема строения пародонта по Шумахеру.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** анатомия человека; морфология; гистология; строение тканей зуба; зуб; ультраструктура; лекция.

## HISTOLOGICAL STRUCTURE OF TOOTH TISSUES (LECTURE)

© *Natalia R. Karelina, Linard Yu. Artyukh*

Saint-Petersburg State Pediatric Medical University. 194100, Saint-Petersburg, Litovskaya str., 2

**Contact information:** Natalia R. Karelina — MD, Professor, Head of the Department of Human Anatomy.  
E-mail: karelina\_nr@mail.ru

Received: 25.02.2022

Revised: 17.03.2022

Accepted: 07.04.2022

**ABSTRACT.** The presented lecture material is aimed at improving the educational process of studying the microscopic structure of tooth tissues for independent practical work of students of all faculties, but to a greater extent for students of the Faculty of Dentistry, clinical residents. In this article, the following sections are noted: parts of the tooth and the general plan of structural organization; enamel — ultrastructure, matrix, age-related changes; dentin — ultrastructure, age-related changes; pulp — functions, changes in the age aspect; cement; the supporting apparatus of the tooth (periodontal) — periodontal, alveolar processes, gum, dentoalveolar junction. This lecture presents unique drawings and diagrams: ultrastructure of the enameloblast, odontoblast; the structure of enamel, dentin, pulp; electronic micrography of the cut of enamel, dentin, cement; the course of collagen fibers and dentin tubes in dentin; the Schumacher scheme of the periodontal structure.

**KEY WORDS:** human anatomy; morphology; histology; structure of tooth tissues; tooth; ultrastructure; lecture.

## ВВЕДЕНИЕ

Более 300 лет назад, в 1677 году, голландский ученый Антони ван Левенгук (Antonie van Leeuwenhoek) опубликовал свою знаменитую статью «Письмо о простейших». Используя однолинзовые микроскопы, которые он изготовил своими руками, Левенгук впервые смог дать подробное описание простейших и бактерий, живущих вокруг людей, например, в полости рта. Техническая возможность изготовления увеличительных линз легла в основу разработки гистологических методов для изучения микроскопической анатомии различных биологических тканей.

В первые дни основной целью гистологических исследований являлось изучение микроанатомии различных тканей. Со временем гистологическая диагностика стала рутинной медицинской процедурой. Помимо постоянного технического совершенствования микроскопов, поразительным прогрессом стало развитие иммуногистохимии в 1980-х годах, которая произвела революцию как в биологических исследованиях, так и в

медицинской диагностике. Целью же нашей лекции является не описание процесса становления гистологических основ изучения микроанатомии, а представление данных о строении тканей зуба на его современном этапе. Лекционный материал направлен на улучшение учебного процесса [12, 16, 17] по изучению микроскопического строения тканей зуба для самостоятельной практической работы студентов всех факультетов, но в большей степени для обучающихся стоматологического факультета [1, 8, 18], клинических ординаторов.

## ЧАСТИ ЗУБА И ОБЩИЙ ПЛАН СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Каждый зуб состоит из анатомически выраженной (рис. 1):

- 1) коронки — утолщенной части, выступающей из челюстной альвеолы;
- 2) шейки зуба — суженной части, прилежащей к коронке;
- 3) корня зуба — части зуба, лежащей внутри альвеолы челюсти.

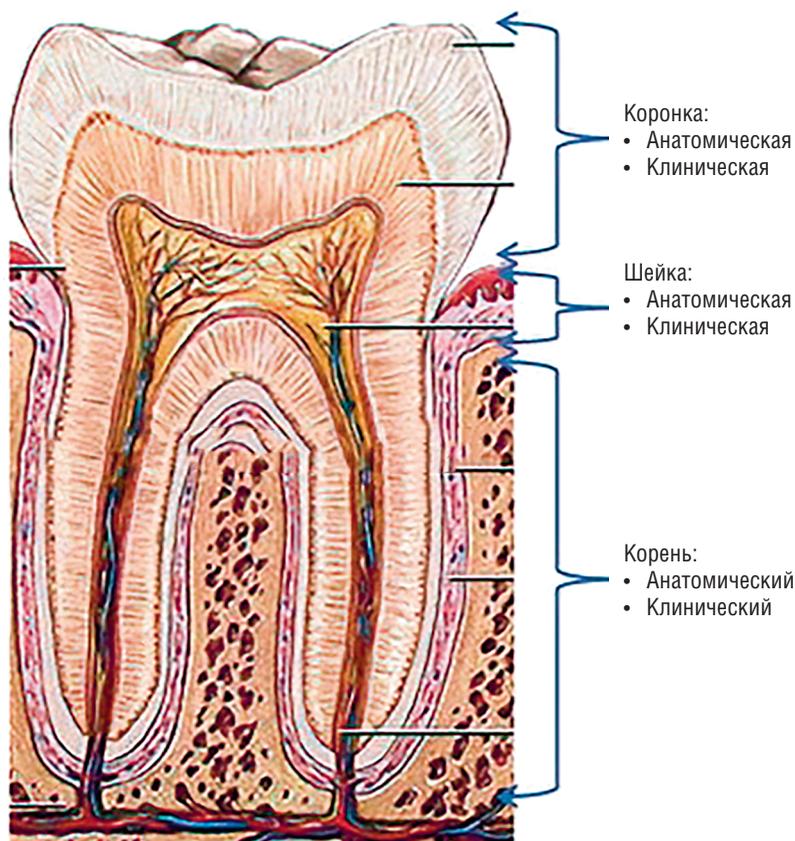


Рис. 1. Части зуба: анатомическая, клиническая [4]

Fig. 1. Parts of the tooth: anatomical, clinical [4]

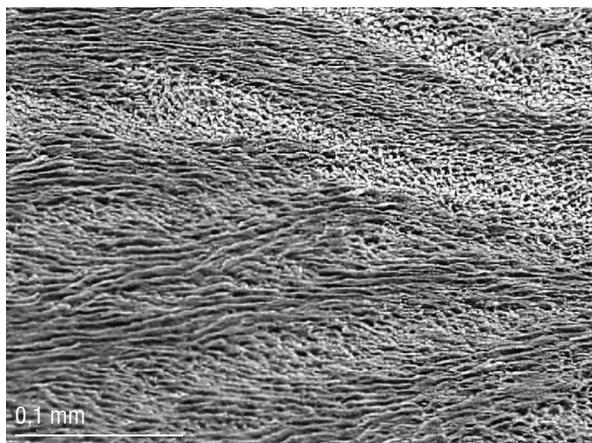


Рис. 2. Сканирующая электронная микрофотография поверхности среза нормально минерализованного постоянного первого моляра [13]

Fig. 2. Scanning electron micrograph of the cut surface of a normally mineralized permanent first molar [13]

В стоматологии принято различать *клиническую коронку*, под которой понимают не весь участок зуба (рис. 2), выступающий из зубной альвеолы, и только участок, выступающий над десной, а также *клинический корень* — участок зуба, находящийся в альвеоле. *Клиническая коронка* с возрастными изменениями (атрофия десны) увеличивается, а *клинический корень* уменьшается.

Зуб образован твердыми обызвествленными тканями. Основу зуба составляет дентин. Снаружи, в области *анатомической коронки*, дентин покрыт эмалью, а в области корня — цементом.

### ЭМАЛЬ: УЛЬТРАСТРУКТУРА ЭНАМЕЛОБЛАСТОВ, МАТРИКС ЭМАЛИ, ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Эмаль — высокоспециализированная ткань со своеобразным, очень низким обменом веществ, который тесно связан с общим метаболизмом. Эмаль именуется тканью условно, она не содержит клеток и является производным эпителия, который секретируется и минерализуется.

Малая активность обмена веществ эмали определяется высокой минерализацией зуба, что следует расценивать как проявление адаптации к выполняемой зубом функции механической обработки пищи и защитной функции. Последняя состоит в защите эмалью дентина и пульпы зуба от механических воздействий, колебаний температуры и воздействия хими-

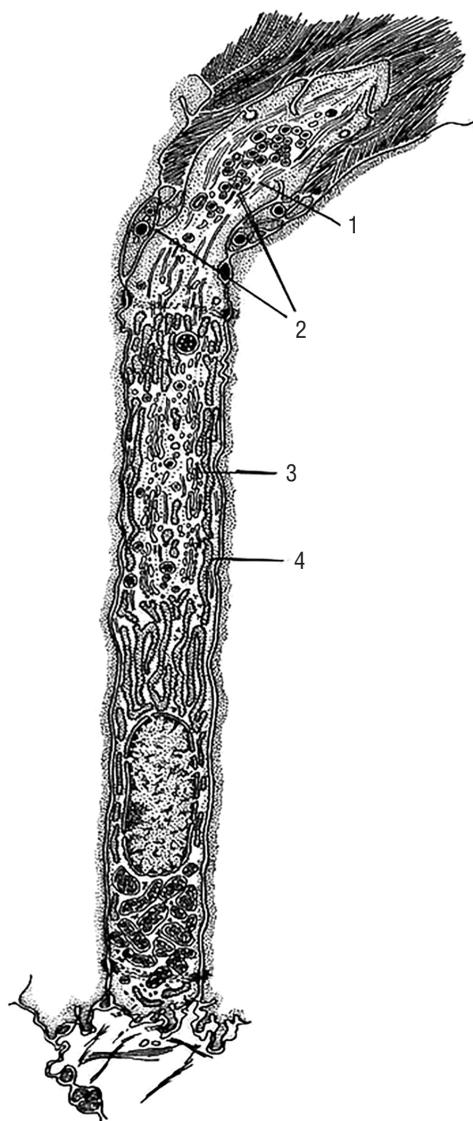


Рис. 3. Схема ультраструктуры эamelобласта: 1 — отросток Томса; 2 — секреторные гранулы; 3 — аппарат Гольджи; 4 — гранулярный ЭПС [2–4]

Fig. 3. Diagram of the ultrastructure of the ameloblast: 1 — Toms process; 2 — secretory granules; 3 — Golgi apparatus; 4 — granular EPS [2–4]

ческих веществ. Толщина эмалевого слоя неодинакова в разных отделах зуба и колеблется от 0,01 мм (в области шейки зуба) до 1,7 мм (на уровне жевательных бугорков моляров). Эмаль — самая твердая ткань тела человека, что объясняется высоким (до 95%) содержанием в ней минеральных солей, преимущественно гидроксиапатита  $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$ , в меньшей степени карбонатапатита, фторапатита и др.

Эмаль покрывает первый тонкий слой дентина: она продуцируется эamelобластами,

при этом сначала образуется слабо обызвестленный матрикс, который в дальнейшем обызвествляется почти полностью. Материал минерализованного матрикса имеет вид призм. Эмалевые призмы сохраняют форму эмалобластов, которые их сформировали. Удлиненные концы эмалобластов, расположенные там, где эмалевые призмы, называют отростками Томса.

### Ультраструктура эмалобластов

Эмалобласт имеет форму высокой цилиндрической клетки (рис. 3). Митохондрии расположены у базального конца, чуть ниже замыкающей пластинки — цистерны гранулярного эндоплазматического ретикулума. Вдоль оси клетки над ядром располагается вытянутой формы комплекс Гольджи, который имеет трубчатую форму, окружен по периферии сетью цистерн гранулярного эндоплазматического ретикулума. Секреторные гранулы проходят из мешочков комплекса Гольджи и собираются в отростке Томса. Через весь комплекс Гольджи протягивается толстый пучок упакованных филаментов, которые оказываются осевой нитью.

### Матрикс эмали

1. Структурной единицей эмали являются кристаллы удлиненной формы, расположенные упорядоченно в виде призм (рис. 4). Отросток Томса образует матрикс эмалевой призмы, а цитоплазматические отростки у его основания дают начало межпризменному матриксу.

Процесс обызвествления связан с трубочками, образующими эмалевые призмы. Кристаллы эмали имеют сначала характер очень тонких полосок апатита, на каждую трубочку образуется по одному кристаллу. По мере удлинения эмалевых призм удлиняются и кристаллы. Чем дальше от отростка Томса располагается кристалл, тем в большей степени он обызвествляется, потому что содержание минеральных веществ в кристалле и во всем матриксе увеличивается с приближением к границе между дентином и эмалью, количество воды и концентрация органических веществ снижается.

2. Межпризменное вещество окружает призмы эмали и разграничивает их. По строению оно идентично эмалевым призмам, однако степень минерализации его ниже, чем у эмалевых призм. Обладает меньшей прочностью, поэтому при возникновении трещин в эмали они обычно проходят по межпризменному веществу, не затрагивая призму.

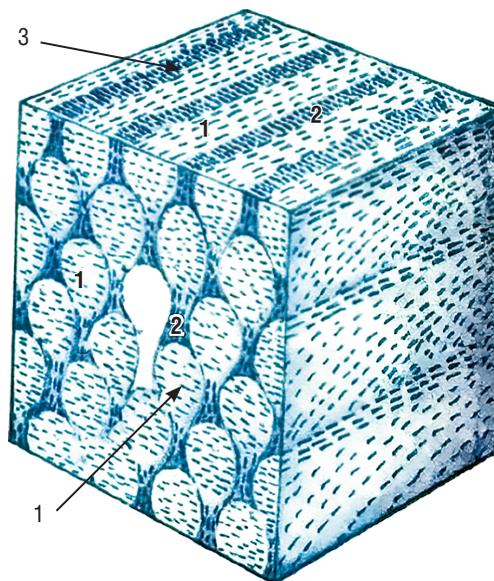


Рис. 4. Схема строения эмали зуба: 1 — эмалевая призма; 2 — межпризменная эмаль; 3 — полосы Гунтера–Шрегера [2–4, 6]

Fig. 4. Tooth enamel structure diagram: 1 — enamel prism; 2 — interprism enamel; 3 — Hunter-Schragger bands [2–4, 6]

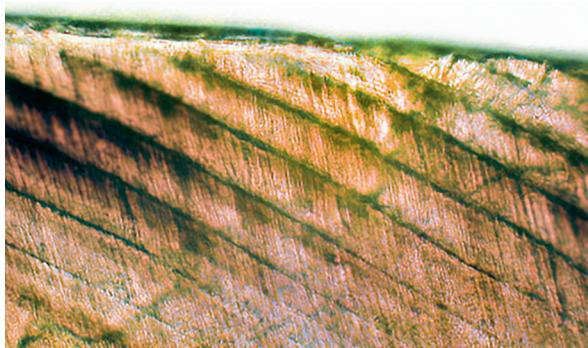


Рис. 5. Гистологический препарат. Шлиф зуба. Эмаль. Полосы Гунтера–Шрегера, расположенные перпендикулярно поверхности эмали, и линии Ретциуса, идущие косо от поверхности эмали к дентино-эмалевой границе [14]

Fig. 5. Histological preparation. The tooth slot. Enamel. The Gunther-Schragger stripes located perpendicular to the enamel surface, and the Retzius lines running obliquely from the enamel surface to the dentine-enamel border [14]

3. Безпризменная эмаль — самый внутренний слой эмали у дентино-эмалевой границы. Она не содержит призм, так как отростки Томса во время его образования еще не сформировались. Безпризменная эмаль содержится в наружном слое эмали (конечная эмаль).

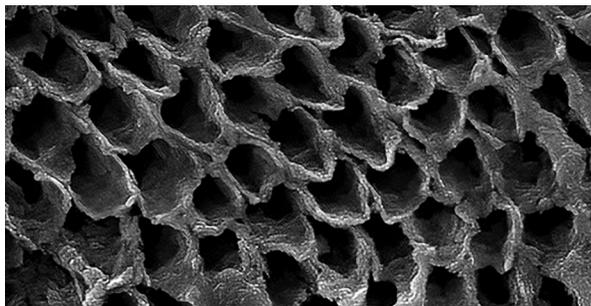


Рис. 6. Электронная микрофотография среза эмали зуба [13]

Fig. 6. Electronic micrography of the tooth enamel section [13]

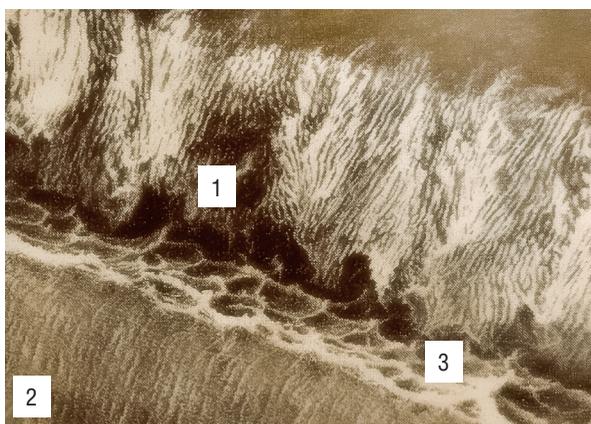


Рис. 7. Электронная микрофотография эмали зуба: 1 — эмалевые веретена и пучки; 2 — дентин; 3 — эмалево-дентинная граница [3, 4, 6]

Fig. 7. Electronic micrography of tooth enamel: 1 — enamel spindles and bundles; 2 — dentine; 3 — enamel-dentine border [3, 4, 6]



Рис. 8. Гистологический препарат. Дентино-эмалевая граница. Эмалевые веретена [13]

Fig. 8. Histological preparation. Dentino-enamel border. Enamel spindles [13]

На продольных шлифах можно выделить следующие образования:

- полосы Гунтера–Шрегера — перпендикулярные эмали темные и светлые полосы, соответствующие продольным и поперечным сечениям эмалевых призм (рис. 4–6);
- линии Ретциуса — ростовые линии эмали, образование которых связано с процессом обызвествления; они имеют вид концентрических кругов (рис. 5);
- эмалевые пластинки и пучки — участки эмали, содержащие недостаточно обызвествленные эмалевые призмы (рис. 7, 8).

Поверхность эмали покрыта двумя оболочками: кутикулой и пелликулой, а также назубными отложениями.

1. Кутикула эмали — плотная, тонкая структура, устойчивая к действию кислот; зуб прорезывается с этой оболочкой, и затем она в первые месяцы жизни исчезает.

1.1. Первичная кутикула (оболочки Насмита) — конечный секреторный продукт энамелобластов (тонкий внутренний слой гликопротеидов).

1.2. Вторичная кутикула — слой редуцированного эпителия эмалевого органа (толстый наружный слой).

2. Пелликула — слоистая органическая пленка слюнобактериального происхождения, представляющая собой бесклеточную плотно соединенную с эмалью оболочку; формируется в результате постоянной адсорбции мукопротеинов из слюны и способствует транспорту веществ через эмаль.

3. Выделяют следующие виды назубных отложений:

- *Зубная бляшка* — клеточное образование, связанное с эмалью, в состав которого входят живые и мертвые микроорганизмы, адсорбированные на матрице из полисахаридов.
- *Белый мягкий налет* — клеточное образование желто-белого цвета, не прикрепляющееся к эмали, состоит из беспорядочно расположенных микроорганизмов, отторгнутых эпителиальных клеток крови.
- *Пищевой налет* — состоит из остатков пищевых остатков микроорганизмов.
- *Зубной наддесневый камень* — минерализованный фосфорно-кальциевыми солями (гидроксиапатитом) умеренно твердый налет желтого цвета, у курильщиков — темного цвета.
- *Зубной поддесневый камень* представляет собой очень твердую органическую

микробную матрицу, минерализованную фосфорно-кальциевыми солями, имеет темно-коричневый цвет.

Зрелая эмаль довольно инертна, она не содержит клеток, так как после прорезывания зуба и образования эмали энамелобласты дегенерируют. Именно поэтому эмаль не способна к регенерации при повреждениях. Однако обмен веществ (в основном ионов) возможен между эмалью и слюной. Поступление ионов в эмаль называется реминерализацией, а удаление их из эмали — деминерализацией [15].

### Возрастные изменения эмали

Возрастные изменения эмали связаны со стиранием эмали на окклюзионных и контактных поверхностях зубов. Это проявляется в уменьшении высоты зубов (вертикальных размеров). С возрастом увеличивается количество кальция, цинка и фтора. Уменьшается содержание межкристаллической воды и проницаемость эмали.

### ДЕНТИН: УЛЬТРАСТРУКТУРА, ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Дентин составляет основную массу зуба, занимает второе место по минерализации

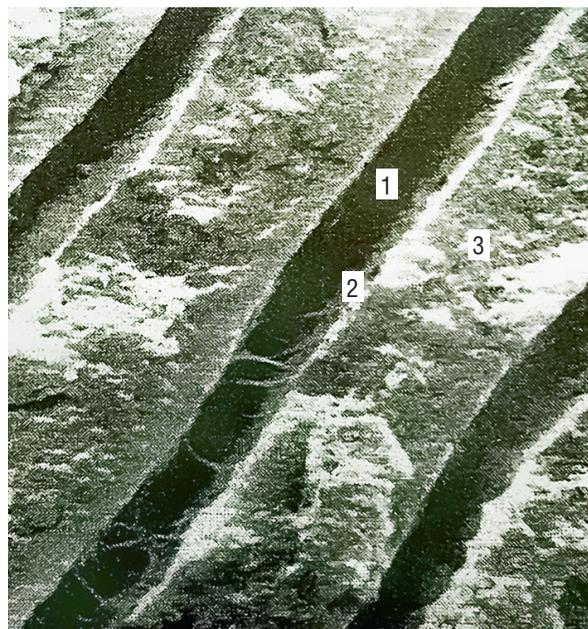


Рис. 9. Электронная микрофотография дентина (продольный срез): 1 — дентинная трубочка; 2 — перитубулярное пространство; 3 — интратубулярное пространство [3, 4, 6]

Fig. 9. Electronic micrograph of dentin (longitudinal section): 1 — dentine tube; 2 — peritubular space; 3 — intertubular space [3, 4, 6]



a/a



b/b

Рис. 10. Гистологический препарат. Дентин: *a* — среднее, *b* — большое увеличение. 1 — дентинные трубочки; 2 — боковые ветвления дентинных трубочек; 3 — терминальные ветвления дентинных трубочек [14]

Fig. 10. Histological preparation. Dentin: *a* — medium, *b* — large magnification. 1 — dentine tubules; 2 — lateral branches of dentine tubules; 3 — terminal branches of dentine tubules [14]

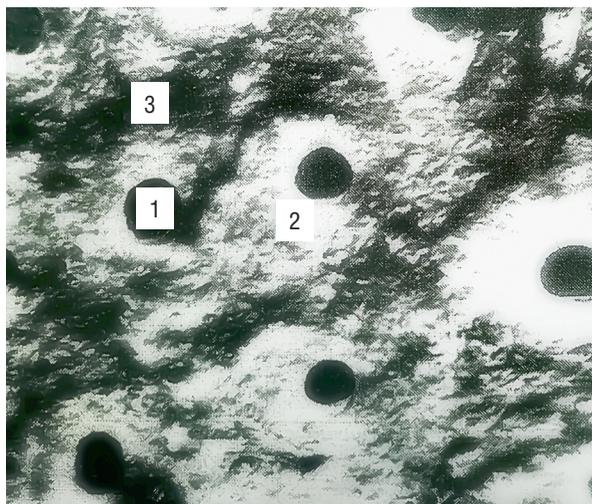


Рис. 11. Электронная микрофотография дентина (поперечный срез): 1 — дентинная трубочка; 2 — перитубулярное пространство; 3 — интертубулярное пространство [3, 4, 6]

Fig. 11. Electronic micrography of dentine (cross section): 1 — dentine tube; 2 — peritubular space; 3 — intertubular space [3, 4, 6]

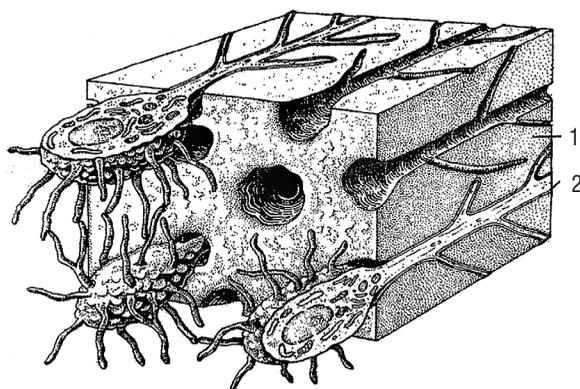


Рис. 12. Схема строения дентина: 1 — интертубулярное пространство; 2 — перитубулярное пространство [3, 4, 6]

Fig. 12. Dentin structure diagram: 1 — intertubular space; 2 — peritubular space [3, 4, 6]

после эмали и состоит в основном из обезызвествленного межклеточного вещества, пронизанного дентинными трубочками (рис. 9, 10), содержащими отростки одонтобластов. Одонтобласты (рис. 11, 12) начинают формировать дентин после того, как они приобретут удлиненную форму. Сначала они отделены от эмали базальной мембраной, которая исчезает после созревания одонтобластов. Они секретируют мелкие коллагеновые волокна, состав-

ляющие основу матрикса дентина. Между одонтобластами протягиваются длинные и толстые коллагеновые волокна, известные под названием волокон Корфа (рис. 14), которые идут вдоль по направлениям базальной мембраны, имевшейся ранее, но, не доходя до ее места локализации, веерообразно расходятся.

Новые слои дентина откладываются только на внутренней (пульпарной) стороне дентина, в связи с чем уменьшается пространство, занятое пульпой. У каждого одонтобласта имеется цитоплазматический отросток, идущий снаружи от апикальной части клетки к дентино-эмалевой границе. Вокруг этих цитоплазматических отростков откладывается матрикс дентина; в результате чего они оказываются замурованными в мельчайшие каналцы, которые называются дентинными трубочками, или каналцами, а отростки внутри этих каналцев — отростками одонтобластов. Одонтобласты с отложением все новых слоев дентина постепенно отодвигаются все дальше от дентино-эмалевой границы, постепенно удлиняясь (удлиняются как отростки одонтобластов, так и дентинные каналцы).

Таким образом, сначала происходит образование дентинного матрикса и лишь потом, на день позже, его обезызвествление. Необызвествленный матрикс дентина расположен между апикальными участками одонтобластов и недавно образованным матриксом и называется преддентином. Преддентин является неминерализованным органическим матриксом дентина, расположенным между слоем одонтобластов и минерализованным слоем дентина. Он состоит из макромолекул коллагена 1-го типа, хондроитин-4-сульфата, хондроитин-6-сульфата, гиалуроната, дерматансульфата и кератинсульфата.

### Ультраструктура одонтобластов

Одонтобласты разделены межклеточными щелями, содержащими коллагеновые волокна Корфа (рис. 14) и капилляры. Одонтобласты (рис. 13) состоят из удлиненного клеточного тела (на периферии пульпы) и длинного отростка, лежащего в дентине. В клетке находятся хорошо развитый гранулярный эндоплазматический комплекс Гольджи, расположенный вблизи центра клетки. В отростке одонтобласта обнаруживаются секреторные гранулы, отдельные пузырьки, микротрубочки и филаменты.

Коллаген составляет около 90% матрикса дентина, 10% представлено фосфопротеидом, имеется также небольшое количество гликопротеидов и гликозаминогликанов. В дентине

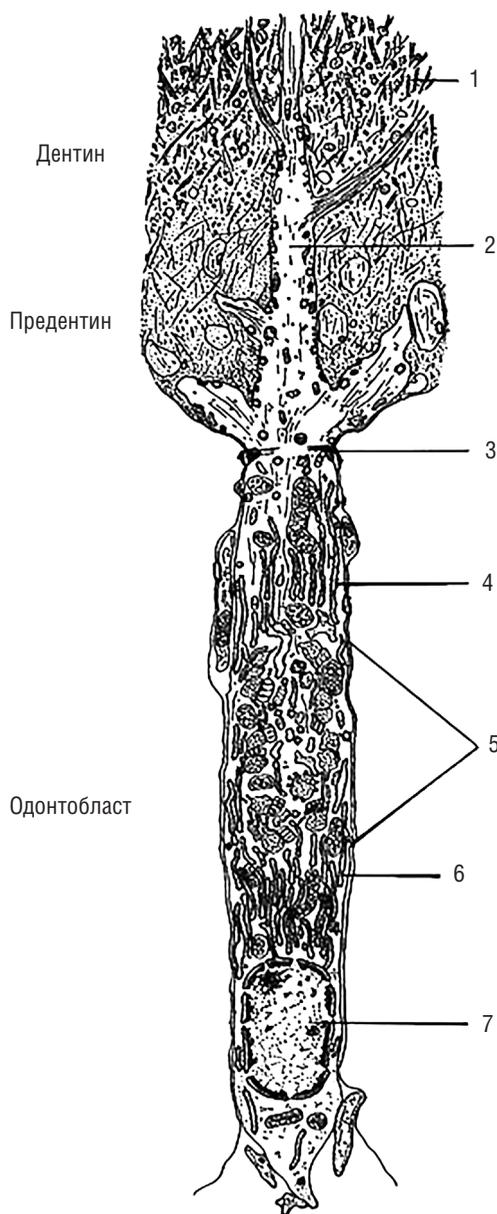


Рис. 13. Схема строения одонтобласта: 1 — зона минерализации; 2 — отросток одонтобласта; 3 — замыкающая пластина; 4 — гранулярный эндоплазматический ретикулум (апикальная зона); 5 — аппарат Гольджи; 6 — гранулярный эндоплазматический ретикулум (надъядерная зона); 7 — ядро [2–4]

Fig. 13. Diagram of the structure of the odontoblast: 1 — mineralization zone; 2 — odontoblast process; 3 — closing plate; 4 — granular endoplasmic reticulum (apical zone); 5 — Golgi apparatus; 6 — granular endoplasmic reticulum (supranuclear zone); 7 — nucleus [2–4]

выявляют два слоя с различным ходом протеиновых волокон (рис. 14):

1) околопульпарный дентин — внутренний слой, составляющий большую часть

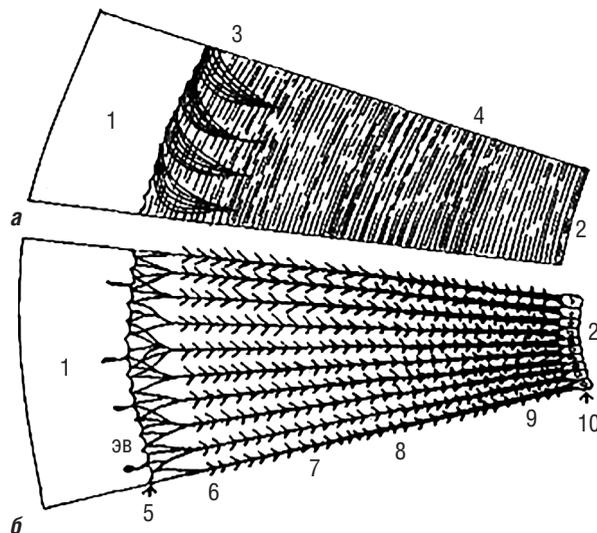


Рис. 14. Ход коллагеновых волокон (а) и дентинных трубочек (б) в дентине: 1 — эмаль; 2 — пульпа; 3 — радиальные волокна (Корфа); 4 — тангенциальные волокна (Эбнера); 5 — дентино-эмалевая граница; 6 — плащевой дентин; 7 — околопульпарный дентин; 8 — дентинные трубочки; 9 — предентин; 10 — одонтобласты (тела клеток). ЭВ — эмалевые веретена (по Быкову В.Л. [2–4])

Fig. 14. The course of collagen fibers (a) and dentine tubules (b) in dentine: 1 — enamel; 2 — pulp; 3 — radial fibers (Corfa); 4 — tangential fibers (Ebner); 5 — dentine-enamel border; 6 — cloak dentine; 7 — periculpal dentine; 8 — dentine tubules; 9 — predentine; 10 — odontoblasts (cell bodies). EV — enamel spindles (According to Bykov V.L. [2–4])

дентина; для него характерно преобладание волокон, идущих тангенциально к дентино-эмалевой границе и перпендикулярно дентинным трубочкам (тангенциальные волокна, или волокна Эбнера) (рис. 14);

2) плащевой дентин — наружный слой толщиной около 150 мкм, покрывающий околопульпарный дентин; он образуется первым, и для него характерно преобладание коллагеновых волокон, идущих в радиальном направлении, параллельно дентиновым трубочкам (радиальные волокна, или волокна Корфа); плащевой дентин постепенно переходит в околопульпарный, причем к радиальным волокнам примешивается все больше и больше тангенциальных.

Матрикс плащевого дентина менее минерализован, чем матрикс околопульпарного, и содержит относительно меньше коллагеновых волокон. Между коллагеновыми волокнами

и на их поверхности, а также внутри самих фибрилл обнаруживаются кристаллы в виде зерен и глыбок, которые сливаются в шаровидные образования — глобулы или калько-сфериты.

Дентинные трубочки обуславливают трофику дентина. В дентинных трубочках располагаются отростки одонтобластов и нервные волокна, окруженные дентинной жидкостью. Дентинная жидкость представляет собой трансудат периферических капилляров пульпы и по белковому составу сходна с плазмой крови, в ней содержится фибронектин и гликопротеины. Преодонтобластическое пространство служит важным путем для переноса различных веществ из пульпы к дентино-эмалевой границе.

Различают следующие виды дентина:

- первичный, образующийся в период формирования и прорезывания зуба;
- вторичный (регулярный или физиологический) — часть околопульпарного, образующийся в сформированном зубе после прорезывания и являющийся продолжением первичного дентина;
- третичный (заместительный, репаративный, иррегулярный), образующийся в ответ на раздражение; располагается локально только в том месте, которое регулирует действие раздражающего фактора; после препаровки зуба он откладывается на 30-е сутки от момента воздействия на зуб.

### Возрастные изменения дентина

С возрастом в результате старения или реакции на патологические процессы, такие как стирание поверхности зуба или кариес, может происходить частичная или полная облитерация дентинных канальцев. Вследствие заполнения их минеральными отложениями происходит склерозирование дентина, что приводит к снижению проницаемости дентина. Таким образом, склерозирование дентина за счет ограничения диффузии через него вредных веществ способствует защите пульпы от раздражения.

### ПУЛЬПА ЗУБА: ФУНКЦИИ, ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Пульпа заполняет полость зуба и подразделяется на пульпу коронки и пульпу корня. Она представлена специализированной рыхлой волокнистой соединительной тканью с сетью коллагеновых волокон и обильно васкуляри-

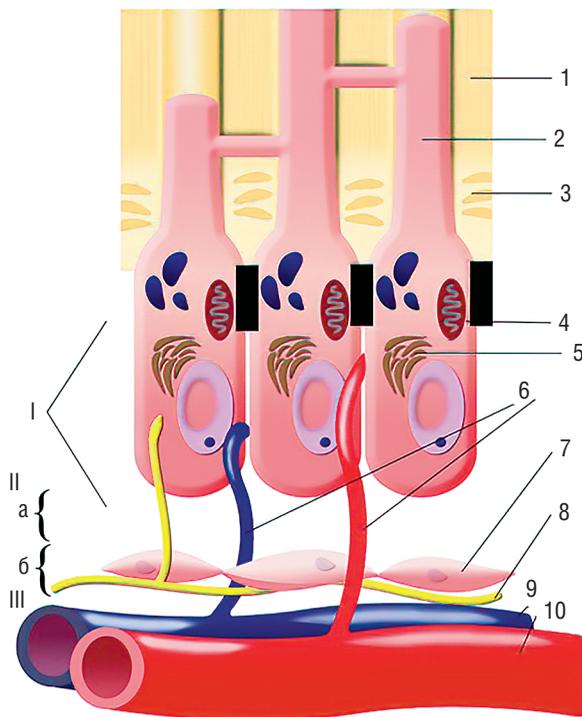


Рис. 15. Схема строения пульпы зуба: I — периферический слой; II — субодонтобластический (промежуточный) слой: а) наружная зона (зона Вейля), б) внутренняя зона; III — центральный слой. 1 — дентин; 2 — отросток одонтобласта; 3 — предентин; 4 — десмоидный контакт; 5 — одонтобласт; 6 — капилляр; 7 — фибробласт; 8 — нервное волокно; 9 — венула; 10 — артериола [3, 4, 6]

Fig. 15. Diagram of the structure of the tooth pulp: I — peripheral layer; II — subodontoblastic (intermediate) layer: a) outer zone (Weyl zone), b) inner zone; III — central layer. 1 — dentin; 2 — odontoblast process; 3 — predentin; 4 — desmoid contact; 5 — odontoblast; 6 — capillary; 7 — fibroblast; 8 — nerve fiber; 9 — venule; 10 — arteriole [3, 4, 6]

зована и иннервирована [5, 7]. По клеточному составу в пульпе зуба различают три нерезко разграниченных слоя (рис. 15):

I. **Периферический слой** — одонтобласты, принимающие участие в обменных процессах дентина и эмали (1–8 рядов).

II. **Субодонтобластический (промежуточный) слой** имеется только в коронковой пульпе и представлен двумя зонами:

- а) наружная зона (бесклеточная), слой Вейля — здесь располагаются отростки клеток, тела которых находятся во внутренней зоне, нервные волокна (сплетение Рашкова) и кровеносные капилляры;

б) внутренняя зона (клеточная) представлена мелкими звездчатыми или веретенообразными клетками, соединенными отростками; они способны дифференцироваться и переходить в фибробласты, макрофаги, одонтобласты.

**III. Центральный слой** представлен рыхлой волокнистой соединительной тканью, содержащей клетки с крупным ядром и узким ободком цитоплазмы — гистиоциты. При воспалении эти клетки способны передвигаться и фагоцитировать, соответственно выполняя защитную функцию. Гистиоциты при воспалении могут трансформироваться из фибробластов, эндотелиальных и специальных клеток, также содержащихся в данном слое.

#### **Функции пульпы зуба:**

- 1) пластическая, участвует в образовании дентина (одонтобласты пульпы);
- 2) трофическая, обеспечивает трофику дентина (кровеносные и лимфатические сосуды пульпы);
- 3) сенсорная (много нервных окончаний);
- 4) репаративная (выработка третичного дентина);
- 5) защитная (развитие гуморальных и клеточных реакций).

Пульпа содержит сосудисто-нервный пучок, который проникает в нее через апикальные и добавочные отверстия корня.

В пульпе выявлены все элементы микроциркуляторного русла: артериолы, прекапилляры, капилляры, посткапилляры, вены и артериоло-венозные анастомозы.

Особенностью кровеносных сосудов пульпы является относительно малая толщина стенок по сравнению с просветом. Кровоток в сосудах осуществляется быстрее, чем в других органах. Лимфатические сосуды и нервные волокна пульпы зуба, сопровождают кровеносные сосуды и пучки нервных волокон [10]. Из лимфатических капилляров лимфа оттекает в мелкие тонкостенные собирательные лимфатические сосуды (проводящие), затем в более крупные.

#### **Возрастные изменения в пульпе**

С течением времени происходит постепенное сокращение размеров пульпарной камеры вследствие процессов непрерывного отложения вторичного и периодического отложения третичного дентина. В результате сглаживаются пульпарные рога, что имеет клиническое значение, так как глубокое препарирование дентина в области пульпарных рогов менее опасно в пожилом возрасте, чем в молодом,

избыточное отложение дентина может затруднить нахождение каналов.

Содержание коллагеновых волокон с возрастом увеличивается (в три раза), а число клеток уменьшается. Кровоснабжение пульпы ухудшается за счет редукции микроциркуляторного русла. Отмечаются регрессивные изменения нервного аппарата зуба, что сказывается на снижении чувствительности пульпы. С возрастом в пульпе могут образовываться обызвествленные структуры (кальцификаты) — дентикли. Наличие дентиклей связано не только с процессами старения, но и с нарушением обмена веществ и местными воспалительными процессами. Активно дентикли формируются при некоторых эндокринных заболеваниях (например, болезни Кушинга), при болезнях пародонта, после препаровки зуба.

#### **ЦЕМЕНТ ЗУБА**

Цемент (рис. 16) — обызвествленная ткань зуба, покрывающая его корни и граничащая с эмалью области шейки зуба. Толщина слоя цемента минимальна в области шейки (20–50 мкм) и максимальна у верхушки корня (100–500 мкм и более). Толщина его слоя и общая масса увеличиваются в несколько раз вследствие продолжающегося в течение всей жизни ритмического отложения цемента на поверхности корня зуба.

#### **Функции цемента:**

- 1) опорная (входит в состав поддерживающего аппарата зуба, обеспечивая прикрепление к корню и шейке зуба концов волокон периодонтальной связки);
- 2) защитная (защищает дентин корня от повреждающих воздействий);
- 3) репаративная (обеспечивает заживление очагов резервации корня, заполняет дефекты; при переломе корня зуба формируют «муфту» вокруг линии перелома);
- 4) компенсаторная (при отложении в области верхушки корня цемент обеспечивает сохранение общей длины зуба, частично компенсируя стирание эмали в результате изнашивания (пассивное прорезывание).

Прочность полностью обызвествленного цемента немного ниже, чем дентина. Он содержит 50–60% неорганических веществ (преимущественно гидроксиапатита) и 30–40% органических (в основном, коллагена). Цемент получает питание диффузно со стороны периодонта. Различают следующие виды

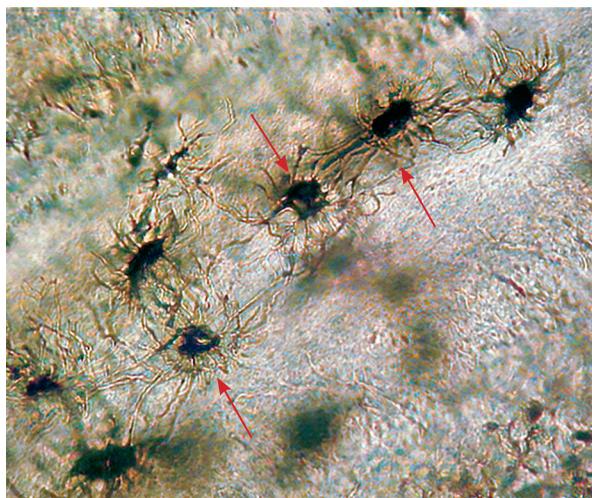


Рис. 16. Электронная микрофотография цемента зуба. Стрелками указаны цементоциты [14]

Fig. 16. Electronic micrography of tooth cement. The arrows indicate cementocytes [14]

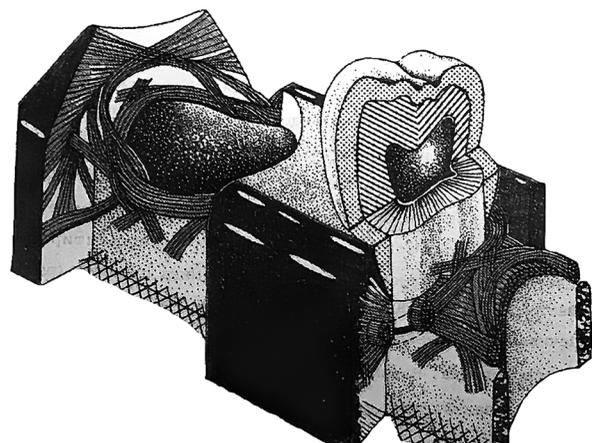


Рис. 17. Схема строения поддерживающего аппарата зуба (по Шумахеру)

Fig. 17. Diagram of the structure of the supporting apparatus of the tooth (Schumacher diagram)

цемента: бесклеточный (первичный) и клеточный (вторичный) цемент.

1. Бесклеточный (первичный) цемент образуется первым в ходе развития. Он располагается на поверхности корней зубов в виде тонкого слоя, утолщающегося от cemento-эмалевой границы к верхушке зуба. Не содержит клеток и состоит из обызвествленного межклеточного вещества, включающего плотно упакованные коллагеновые волокна и основное вещество.

2. Клеточный (вторичный) цемент покрывает апикальную треть корня и область бифуркации многокорневых зубов. Распо-

лагается поверх бесклеточного цемента, а в его отсутствие непосредственно прилежит к дентину. Состоит из клеток (цементоцитов и цементобластов) и обызвествленного межклеточного вещества (матрикса).

Цементоциты лежат в цементах в лакунах и по строению сходны с остеоцитами. Это уплощенные клетки с умеренно развитыми органеллами и крупным ядром, которые связаны друг с другом посредством ветвящихся отростков, расположенных в канальцах и ориентированных преимущественно в сторону периодонта (источника питания) (рис. 16).

Цементобласты — активные клетки с развитым синтетическим аппаратом — обеспечивают отложения цемента и располагаются на его поверхности в составе периодонта. Новый слой цемента содержит обызвествленное матрикс и накладывается на другие клетки, которые имеют вид пластин, разграниченных линиями роста. Число таких пластин варьирует от 5–6 до 20–30 и более.

#### ПОДДЕРЖИВАЮЩИЙ АППАРАТ ЗУБА (ПАРОДОНТ): ПЕРИОДОНТ, АЛЬВЕОЛЯРНЫЕ ОТРОСТКИ, ДЕСНА, ЗУБОДЕСНЕВОЕ СОЕДИНЕНИЕ

Пародонт (рис. 17) включает в себя:

- 1) цемент корня зуба;
- 2) периодонт;
- 3) стенку зубной альвеолы;
- 4) десну.

Функции пародонта [9]:

- 1) опорная и амортизирующая (удерживают зуб в альвеоле, распределяет жевательную нагрузку, регулирует давление при жевании);
- 2) барьерная (формирует барьер, препятствует внедрению микроорганизмов и вредных веществ в области пародонта);
- 3) трофическая (обеспечивает питание цемента);
- 4) рефлекторная (наличие в периодонте большого количества чувствительных нервных окончаний).

#### Периодонт

Периодонт расположен между стенкой зубной альвеолы и поверхностью корня зуба (рис. 18). Ширина периодонтальной щели на различных уровнях неодинакова. На величину влияет изменение функциональной нагрузки, возраст, различные патологические процессы.

Периодонт представлен галогеновыми волокнами, между которыми располагается

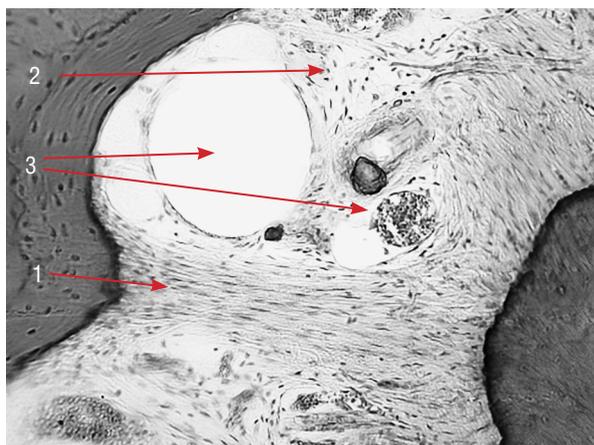


Рис. 18. Гистологический препарат. Периодонт: 1 — пучки коллагеновых волокон; 2 — рыхлая соединительная ткань; 3 — сосуды периодонта [14]

Fig. 18. Histological preparation. Periodontal: 1 — bundles of collagen fibers; 2 — loose connective tissue; 3 — periodontal vessels [14]

рыхлая волокнистая соединительная ткань, содержащая сосуды и нервные волокна (рис. 18), а также остатки эпителиального корневого влагалища и эпителия зубной пластинки (островки Малассе).

Зрелые эластические волокна в периодонте зуба отсутствуют, но выявляются окситалановые (незрелые эластические).

Функции периодонта следующие:

- 1) опорно-удерживающая (осуществляется связочным компонентом периодонта, десной и альвеолой);
- 2) амортизирующая (уменьшается амплитуда микроэкскурсий зуба);
- 3) трофическая (обуславливается гидравлическим давлением на сеть кровеносных и лимфатических сосудов, осуществляемых корнем во время жевательных микроэкскурсий зуба);
- 4) сенсорная (регулируется жевательное давление и реализуется рецептурной системой пародонта);
- 5) пластическая (осуществляется косте- и цементаобразование).

Коллагеновые волокна в периодонте направлены различно. Выделяют следующие группы:

- 1) волокна альвеолярного гребня связывают шеечную поверхность зуба с гребнем альвеолярной кости;
- 2) горизонтальные волокна располагаются глубже волокон альвеолярного гребня, проходят горизонтально; горизонтальные

волокна образуют циркулярную связку, в состав которой входят трансептальные волокна, связывающие соседние зубы и проходящие над вершиной альвеолярного отростка;

- 3) косые волокна занимают среднее положение периодонтального пространства (численно преобладающая группа); волокна располагаются косо, в венечной плоскости, связывая корень с альвеолярной костью; в направлении коронки они сливаются с горизонтальными волокнами, в направлении верхушки — с апикальными волокнами;
- 4) апикальные волокна расходятся перпендикулярно от апикальной части корня ко дну альвеолы;
- 5) межкорневые волокна в многокорневых зубах связывают корень в области бифуркации с гребнем межкорневой перегородки, к которому они направляются частично в горизонтальном, частично в вертикальном направлениях.

Описанное расположение волокон периодонта способствует тому, что силы, воздействующие на зуб, посредством волокон равномерно распределяются в виде тяги на альвеолярной кости [11].

### Альвеолярные отростки

Альвеолярным отростком называют часть верхней и нижней челюстей, отходящую от их тел и содержащую зубы. Резкой границы между телом челюсти и ее альвеолярным отростком не существует.

Альвеолярный отросток появляется только после прорезывания зубов и почти полностью исчезает с их потерей.

Зубные альвеолы, или лунки, — отдельные ячейки альвеолярного отростка, в которых располагаются зубы. Зубные альвеолы отделены друг от друга костными межзубными перегородками. Глубина зубных альвеол несколько меньше длины корня зуба. В альвеолярном отростке выделяют две части: собственно полярную кость и поддерживающую альвеолярную кость.

1. Собственно альвеолярная кость (стенка альвеолы) представляет собой тонкую (0,1–0,4 мм) костную пластинку, которая окружает корень зуба и служит местом прикрепления волокон периодонта. Она состоит из пластинчатой костной ткани, в которой имеются остеоны, пронизана большим количеством прободоющих (шарпеевских) волокон периодонта, содержит множество отверстий,

через которые в периодонтальное пространство проникают кровеносные и лимфатические сосуды и нервы.

2. Поддерживающая альвеолярная кость включает:

- а) компактную кость, образующую наружную (щечную или губную) и внутреннюю (язычную или ротовую) стенки альвеолярного отростка, называемые также кортикальными пластинками альвеолярного отростка;
- б) губчатую кость, заполняющую пространство между стенками альвеолярного отростка и собственно альвеолярной костью.

Кортикальные пластинки альвеолярного отростка продолжают в соответствующие пластинки тела верхней и нижней челюсти. Они значительно тоньше в альвеолярном отростке верхней челюсти, чем нижней.

Губчатая кость образована анастомозирующими трабекулами, распределение которых обычно соответствует направлению сил, воздействующих на альвеолу при жевательных движениях. Трабекулы распределяют силы, действующие на собственно альвеолярную кость, на кортикальные пластинки. В области боковых стенок альвеол они располагаются преимущественно горизонтально, у их дна имеют более вертикальный ход. Их число варьирует в разных участках альвеолярного отростка, снижается с возрастом и в отсутствие функции зуба.

### Десна

Десна представляет собой часть слизистой оболочки полости рта, непосредственно окружающую зубы (рис. 19). Снаружи тесно граничит со слизистой оболочкой, покрывающей альвеолярный отросток челюсти (альвеолярной слизистой оболочкой). Эта граница имеет вид волнистых линий и хорошо прослеживается [13, 20]. Слизистая оболочка, покрывающая альвеолярный отросток, имеет более яркую красную окраску, так как выстлана неороговевающим эпителием, сквозь который хорошо просвечивают кровеносные сосуды собственной пластинки. Десна, покрытая ороговевающим эпителием, имеет более бледный матовый оттенок. Изнутри десна переходит в слизистую оболочку краевой зоны твердого неба и дна полости рта.

Десна подразделяется на три части: прикрепленную, свободную и десневые межзубные сосочки.

1. Прикрепленная часть десны прочно сращена с надкостницей альвеолярных от-

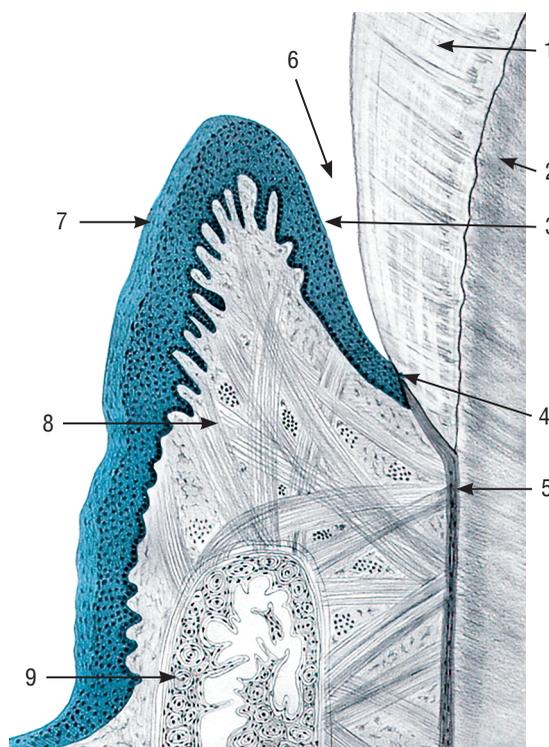


Рис. 19. Взаимоотношения между десной, альвеолярной костью и твердыми тканями зуба (схема): 1 — эмаль; 2 — дентин; 3 — эпителий борозды; 4 — эпителий прикрепления; 5 — цемент; 6 — десневая борозда (щель); 7 — эпителий десны; 8 — волокна периодонтальной связки; 9 — альвеолярная кость [14]

Fig. 19. The relationship between the gum, alveolar bone and hard tissues of the tooth (diagram): 1 — enamel; 2 — dentin; 3 — furrow epithelium; 4 — attachment epithelium; 5 — cement; 6 — gingival furrow (gap); 7 — gum epithelium; 8 — periodontal ligament fibers; 9 — alveolar bone [14]

ростков челюстей. Ее поверхность волнообразна вследствие чередования приподнятых участков желобков и соответствует глубоким эпителиальным гребешкам, погруженным в собственную пластинку слизистой оболочки.

2. Свободная часть десны (прилежит к поверхности зуба и отделяется десневой бороздой). Разделительной линией между свободной и прикрепленной десной служит десневой желобок

3. Десневые межзубные сосочки — участки десны треугольной формы, заполняющие промежутки между соседними зубами.

Десна подвергается постоянным механическим нагрузкам в процессе пережевывания пищи.

### Зубодесневое соединение

Зубодесневое соединение выполняет барьерную функцию и включает: эпителий десны, эпителий борозды и эпителий прикрепления.

1. Эпителий десны — многослойный плоский ороговевающий, в который внедряются высокие соединительнотканые сосочки собственной пластинки слизистой оболочки.

2. Эпителий борозды образует латеральную стенку десневой борозды, сходен с эпителием десны, однако тоньше его и не подвергается ороговеванию.

3. Эпителий прикрепления — многослойный плоский, является продолжением эпителия борозды, выстилает ее дно и образуя вокруг зуба манжетку, прочно связанную с поверхностью эмали, которая покрыта первичной кутикулой.

Скорость обновления эпителия прикрепления в физиологических условиях составляет у человека 4–10 суток. После его повреждения полное восстановление эпителиального пласта достигается в течение 5 суток [19, 21].

При пародонтите под влиянием метаболитов, выделяемых микроорганизмами, может происходить разрастание эпителия прикрепления и его миграции в апикальном направлении, завершающаяся формированием глубокого десневого (пародонтального) кармана.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная лекция является важным материалом для студентов стоматологического факультета, клинических ординаторов и практикующих врачей. Теоретическая и практическая важность представленного материала неопределима. Эти знания являются основанием для правильной диагностики патологических процессов различных тканей зуба и возможностей их терапевтического и (или) хирургического лечения.

### ЛИТЕРАТУРА

- Смирнова О.Ю., Надъярная Т.Н., Артюх Л.Ю., Свирин С.В. Анатомия околоушно-жевательной области головы и одонтогенная инфекция. *Forcipe*. 2021; 4(S1): 797–8.
- Быков В.Л., Леонтьева И.В., Исеева Е.А. Пути совершенствования специализации курса гистологии, цитологии и эмбриологии для студентов стоматологического факультета. *Морфология*. 2014; 145(3): 38–38аа.
- Быков В.Л. Частная гистология человека. СПб.: СОТИС; 1997.
- Быков В.Л., Юшканцева С.И. Гистология, цитология и эмбриология. Атлас. Учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям 060101.65 «Лечебное дело», 060103.65 «Педиатрия», 060105.65 (060104.65) «Медико-профилактическое дело», 060201.65 «Стоматология». М.: ГЭОТАР-Медиа; 2012.
- Валькович Э.И., Батюто Т.Д., Кожухарь В.Г. и др. Общая и медицинская эмбриология. СПб.: Фолиант; 2003.
- Гуран Н.А., Петрович Ю.А., Лебкова Н.П. Ультраструктура развивающейся эмали зуба человека. *Стоматология*. 1986; 65(5): 7–9.
- Зельцер С., Бендер И. Пульпа зуба. Клинико-биологические параллели. Пер. с англ. М.: Медицина; 1971.
- Димов И.Д., Денисова Г.Н., Надъярная Т.Н. и др. Значение практических занятий в медицинском образовании на кафедрах медико-биологического цикла. Инновации в здоровье нации. Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 8–9 ноября 2017 года. СПб.: Санкт-Петербургская государственная химико-фармацевтическая академия. 2017: 498–501.
- Иванов В.С. Строение и функция пародонта. Заболевания пародонта. 2-е изд. М.: Медицина; 1989: 7–22.
- Иванов В.С., Урбанович Л.И., Бережнева В.П. Воспаление пульпы зуба. М.: Медицина; 1990.
- Карелина Н.Р., Соколова И.Н., Хисамутдинова А.Р. Анатомия человека в графологических структурах. Учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2018.
- Карелина Н.Р., Надъярная Т.Н., Смирнова О.Ю., Артюх Л.Ю. Клетчаточные пространства лицевого отдела головы (лекция). Российские биомедицинские исследования. 2021; 6(1): 41–53.
- Кодола Н.А., Хомутовский О.А., Центило Т.Д. Пародонтит: ультраструктура десны и пульпы. Киев: Наук. Думка; 1980.
- Кузнецов С.Л., Торбек В.Э., Деревянко В.Г. Гистология органов полости рта. Учебное пособие. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2012.
- Кузьмина Д.А., Воронцов П.В. Биохимические методы оценки костного метаболизма. Маркеры и их клиническое значение. *Медицина: теория и практика*. 2018; 3(3 приложен.): 99–106.
- Никонова М.Л., Карелина Н.Р. Медицинские электронные ресурсы на практических занятиях по анатомии человека. *Педиатр*. 2014; 5(4): 140–5.
- Андреева С.А., Карелина Н.Р., Ким Т.И. и др. Роль лекций в современном образовательном пространстве. *Педиатр*. 2021; 12(4): 103–12.
- Иванов Д.О., Александрова Е.М., Арутюнян Т.Г. и др. Руководство по перинатологии. В двух томах. 2-е издание, переработанное и дополненное. СПб.: Информ-Навигатор; 2019.

19. Хэм А., Кормак Д. Гистология. Том 4. М.: Мир; 1984.
20. Шабалов Н.П., Цвелев Ю.В., Кира Е.Ф. и др. Основы перинатологии. 2-е издание, переработанное и дополненное. М.: МЕДпресс-информ; 2002.
21. Schmacher G.H. Funktionelle Anatomic des orofazialen Systems. Veb Verlag volk und gesundheit Berlin. 1989.

## REFERENCES

1. Smirnova O.Yu., Nad'yarnaya T.N., Artyukh L.Yu., Svirin S.V. Anomiya okoloushno zhevatel'noy oblasti golovy i odontogennaya infektsiya. [Anatomy of the parotid masticatory region of the head and odontogenic infection]. *Forcipe*. 2021; 4(S1): 797–8. (in Russian)
2. Bykov V.L., Leont'yeva I.V., Iseyeva Ye.A. Puti sovershenstvovaniya spetsializatsii kursa gistologii, tsitologii i embriologii dlya studentov stomatologicheskogo fakul'teta. [Ways to improve the specialization of the course of histology, cytology and embryology for students of the Faculty of Dentistry]. *Morfologiya*. 2014; 145(3): 38–38aa. (in Russian)
3. Bykov V.L. Chastnaya gistologiya cheloveka [Private histology of man]. Sankt-Peterburg: SOTIS Publ.; 1997. (in Russian)
4. Bykov V.L., Yushkantseva S.I. Gistologiya, tsitologiya i embriologiya. [Histology, cytology and embryology]. Atlas. Uchebnoye posobiye dlya studentov, obuchayushchikhsya po spetsial'nostyam 060101.65 «Lechebnoye delo», 060103.65 «Pediatriya», 060105.65 (060104.65) «Mediko-profilakticheskoye delo», 060201.65 «Stomatologiya». Moskva: GEOTAR-Media Publ.; 2012. (in Russian)
5. Val'kovich E.I., Batyuto T.D., Kozhukhar' V.G. i dr. Obshchaya i meditsinskaya embriologiya [General and medical embryology]. Sankt-Peterburg: Foliant Publ.; 2003. (in Russian)
6. Guran N.A., Petrovich Yu.A., Lebkova N.P. Ul'trastruktura razvivayushcheysya emali zuba cheloveka [Ultrastructure of developing human tooth enamel]. *Stomatologiya*. 1986; 65(5): 7–9. (in Russian)
7. Zel'tser S., Bender I. Pul'pa zuba [Tooth pulp]. *Kliniko-biologicheskiye paralleli*. Per. s ang. Moskva: Meditsina Publ.; 1971. (in Russian)
8. Dimov I.D., Denisova G.N., Nad'yarnaya T.N. i dr. Znachenie prakticheskikh zanyatiy v meditsinskom obrazovanii na kafedrah mediko-biologicheskogo tsikla [The value of practical training in medical education at the departments of the medical and biological cycle. Innovations in the health of the nation]. *Innovatsii v zdorov'ye natsii. Sbornik materialov V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem*, Sankt-Peterburg, 8–9 noyabrya 2017 goda. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskaya

- gosudarstvennaya khimiko-farmatsevticheskaya akademiya Publ. 2017: 498–501. (in Russian).
9. Ivanov V.S. Stroyeniye i funktsiya parodonta [The structure and function of the periodontium]. *Zabolevaniya parodonta*. 2-ye izd. Moskva: Meditsina Publ.; 1989: 7–22. (in Russian)
10. Ivanov V.S., Urbanovich L.I., Berezhneva V.P. Vospaleniye pul'py zuba [Inflammation of the dental pulp]. Moskva: Meditsina Publ.; 1990. (in Russian)
11. Karelina N.R., Sokolova I.N., Khisamutdinova A.R. Anomiya cheloveka v grafologicheskikh strukturakh [Human anatomy in graphological structures]. *Uchebnik*. Moskva: GEOTAR-Media Publ.; 2018. (in Russian)
12. Karelina N.R., Nad'yarnaya T.N., Smirnova O.Yu., Artyukh L.Yu. Kletchatochnyye prostranstva litsevoogo otdela golovy (lektsiya) [Cellular spaces of the facial part of the head (lecture)]. *Rossiyskiye biomeditsinskiye issledovaniya*. 2021; 6(1): 41–53. (in Russian)
13. Kodola N.A., Khomutovskiy O.A., Tsentilo T.D. Parodontoz: ul'trastruktura desny i pul'py. [Periodontal disease: ultrastructure of the gums and pulp]. Kiyev: Nauk. Dumka Publ.; 1980. (in Russian)
14. Kuznetsov S.L., Torbek V.E., Derevyanko V.G. Gistologiya organov polosti rta [Histology of the oral cavity]. *Uchebnoye posobiye*. Moskva: GEOTAR-Media Publ.; 2012. (in Russian)
15. Kuz'mina D.A., Vorontsov P.V. Biokhimicheskiye metody otsenki kostnogo metabolizma [Biochemical methods for assessing bone metabolism]. *Markery i ikh klinicheskoye znachenie*. *Meditsina: teoriya i praktika*. 2018; 3(3 prilozhen.): 99–106. (in Russian)
16. Nikonorova M.L., Karelina N.R. Meditsinskiye elektronnyye resursy na prakticheskikh zanyatiyakh po anatomii cheloveka [Medical electronic resources in practical classes in human anatomy]. *Pediatr*. 2014; 5(4): 140–5. (in Russian)
17. Andreyeva S.A., Karelina N.R., Kim T.I. i dr. Rol' lektсий v sovremennom obrazovatel'nom prostranstve [The role of lectures in modern educational space]. *Pediatr*. 2021; 12(4): 103–12. (in Russian)
18. Ivanov D.O., Aleksandrova Ye.M., Arutyunyan T.G. i dr. Rukovodstvo po perinatologii [Guide to perinatology]. V dvukh tomakh. 2-ye izdaniye, pererabotannoye i dopolnennoye. Sankt-Peterburg: Inform-Navigator Publ.; 2019. (in Russian)
19. Khem A., Kormak D. Gistologiya [Histology]. Tom 4. Moskva: Mir Publ.; 1984. (in Russian).
20. Shabalov N.P., Tsvelev Yu.V., Kira Ye.F. i dr. Osnovy perinatologii [Fundamentals of perinatology]. 2-ye izdaniye, pererabotannoye i dopolnennoye. Moskva: MEDpress-inform Publ.; 2002. (in Russian)
21. Schmacher G.H. Funktionelle Anatomic des orofazialen Systems. Veb Verlag volk und gesundheit Berlin. 1989.