

Рис. 1.3. Сфера эндодонтологии: некротизированная пульпа.

### Некротизированная пульпа

Как было изложено выше, повреждение пульпы может привести к некрозу ткани (рис. 1.3). Некротизированная (нежизнеспособная) пульпа не защищена от микробной инвазии и позволяет микроорганизмам, живущим в полости рта, достигать пульповой камеры через обнажённый участок пульпы, открытые дентинные канальцы или трещины в эмали и дентине. Латеральные каналы, обнажающиеся вследствие прогрессирования краевого периодонтита, также могут становиться путями инвазии бактерий в ткани пульпы. Истощение тканей пульпы и местная гипоксия создают условия для развития микробиоты с преобладанием протеолитических и анаэробных штаммов. Эти микроорганизмы объединяются в кластеры и микробные колонии, присоединяясь к стенкам корневого канала и внедряясь в дентинные канальцы. Таким образом, микроорганизмы оказываются вне зоны досягаемости местных защитных механизмов и начинают стремительно размножаться. В дальнейшем микроорганизмы пытаются проникнуть в ткани периодонта всеми возможными путями, включая непосредственно апикальное отверстие, это может произойти, прежде чем эффективно заработают местные защитные механизмы. Элиминация бактерий внутри зуба с помощью защитных систем невозможна, поэтому далее запускаются механизмы хронического воспаления до тех пор, пока не будет начато лечение.

Реакция периапикальных тканей на рентгенограмме проявляется очагом просветления вследствие воспалительной резорбции костной ткани. Клинически отмечают болезненность, подвижность зуба и отёк.

Лечение сводится к борьбе с внутриканальной инфекцией. Инструментальную обработку проводят

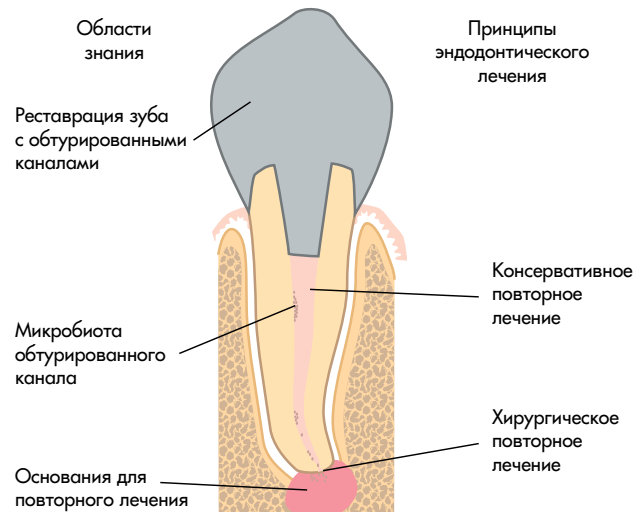


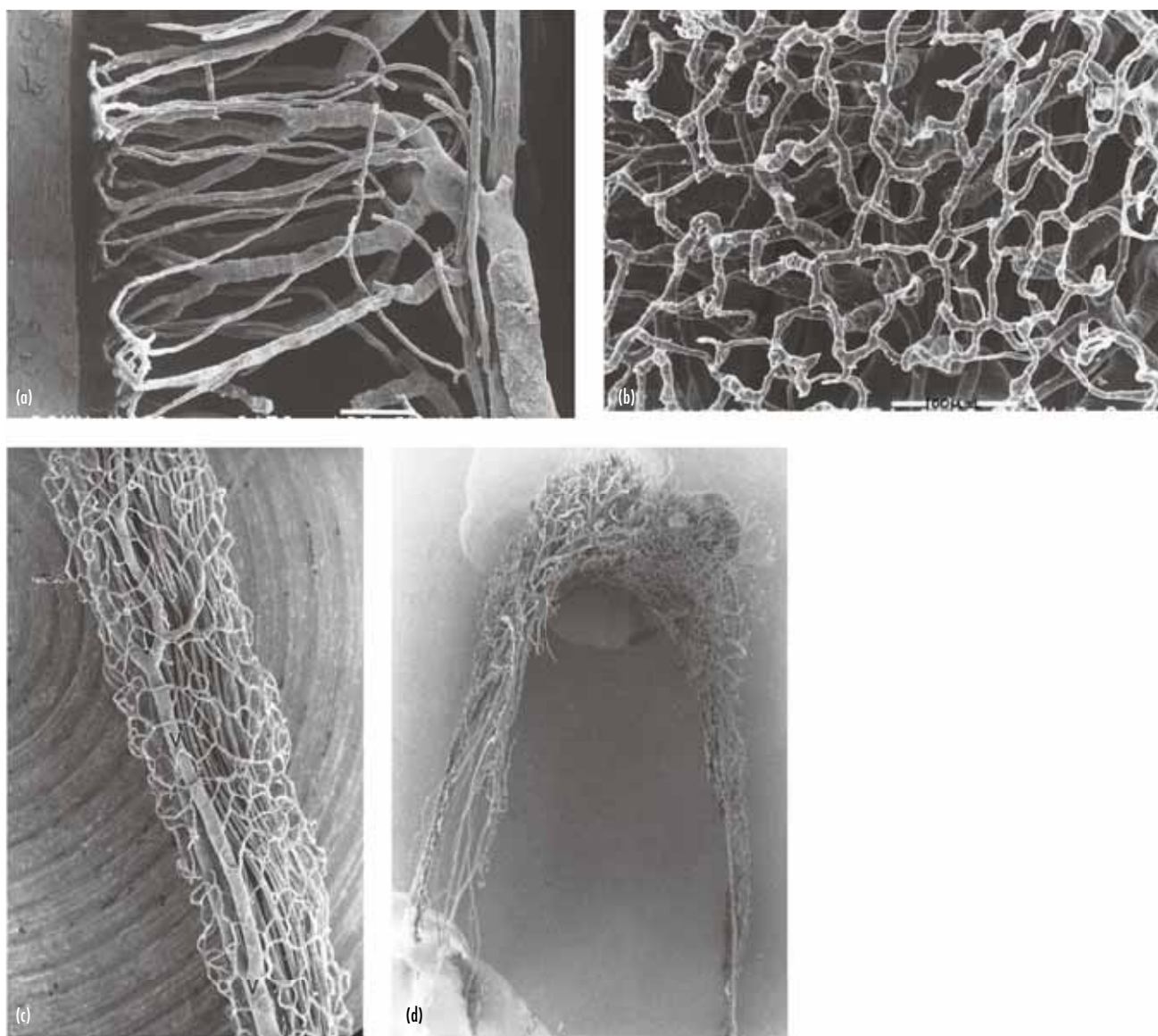
Рис. 1.4. Сфера эндодонтологии: зуб с obturированными каналами.

с целью очищения канала как от микроорганизмов, так и от субстратов, способствующих их культивированию. Из-за сложной анатомии инструментальная обработка всех отделов системы корневых каналов невозможна, поэтому используют антимикробные препараты для медикаментозной обработки. С целью предупреждения повторного инфицирования выжившими микробами канал герметизируют с помощью obtурации.

### Зуб с obtурированными каналами

Пульпэктомия и комплекс лечебных мероприятий не всегда приводят к клиническому успеху. К примеру, зуб может оставаться подвижным или сохраняется периапикальное воспаление. Такие неудачи в лечении часто связаны с дефектами obtурации, позволяющими фрагментам микробиоты выжить или допустить микроподтекания со стороны полости рта вследствие негерметичной корональной реставрации (рис. 1.4).

Корневой канал в таких случаях можно обработать повторно, используя консервативный или хирургический подход. При консервативном повторном лечении проводят дезobtурацию и повторную инструментальную обработку канала. Для элиминации микроорганизмов применяют антимикробные средства, затем канал повторно obtурируют. При наличии коронок, мостовидных протезов, анкерных штифтов и культевых вкладок повторное лечение осложнено. В таких случаях проводят ретроградную резекцию верхушки корня зуба. Откидывают слизисто-надкостничный лоскут, в кости перфорируют отверстие для доступа к апикальной части корня. Выполняют резекцию верхушки корня, инструментальную обработку и ретроградную obtурацию апикального участка.



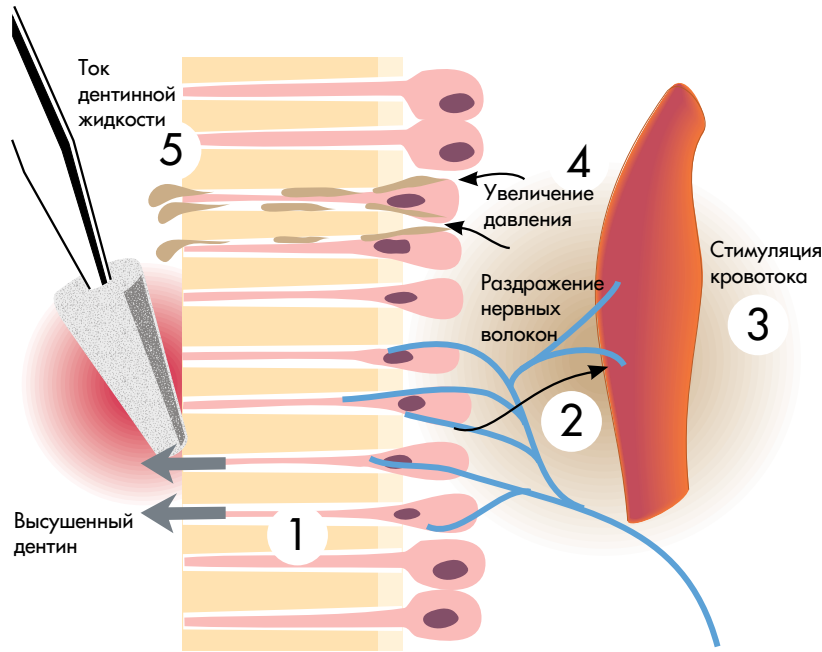
**Рис. 2.11.** Ряд микрофотографий сосудистой сети в пульпе зубов. (а) Молодой зуб собаки. В пограничной области дентина пульпы визуализируется плотная терминальная капиллярная сеть. (б) Поверхностная капиллярная сеть в области одонтобластов, перпендикулярный срез. (с) Кровеносные сосуды в дистальном канале корня зрелого премоляра собаки. Поверхностные капилляры дренируются непосредственно в большие вены (V). В зрелом зубе непрерывное формирование дентина и уменьшение полости пульпы приводят к ремоделированию сосудистого древа. (д) Сосудистая сеть зрелого зуба человека. В области апикальной констрикции количество мелких артерий сокращается до пяти-восьми, а вен — до двух-трёх [40]. Количество крупных сосудов, артериол и вен в пульпе также редуцировано, типичные петли терминальной капиллярной сети становятся менее явными. Детальная сосудистая структура пульпы похожа в зубах кошки, собаки и человека. (Любезно предоставлено доктором *K. Takahashi*.)

И сенсорные, и симпатические нервы стимулируют формирование дентина, что проявляется уменьшенным формированием дентина при отсутствии сенсорных нервов и после симпатэктомии соответственно [32]. Сенсорные и симпатические нервы также взаимодействуют при воспалении пульпы. К примеру, интактная нервная сеть — важный аспект в активации клеток иммунной системы (см. «Ключевые источники литературы 2.1»).

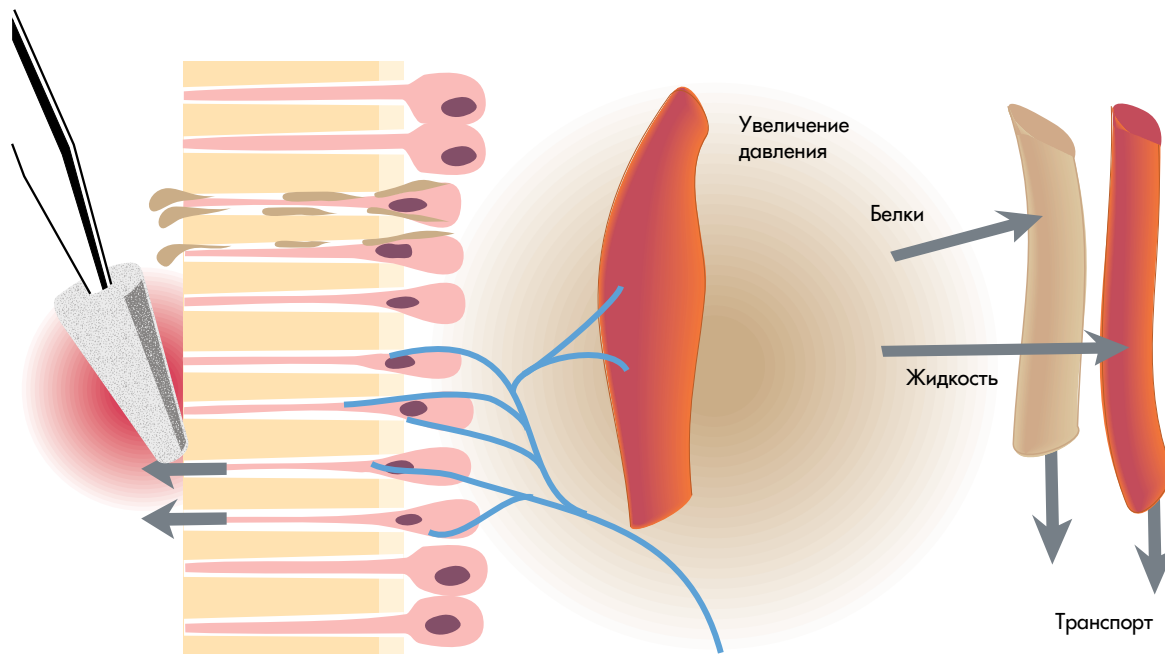
Однако есть некоторая уверенность, что парасимпатический контроль кровотока с помощью вазодилатации играет важную роль в местных функциях и защите пульпы.

## Кровоснабжение

На современные представления о структуре сосудов пульпы в период воспаления повлияли данные, полученные с помощью метода заполнения микрокапилляров жидким синтетическим полимером (рис. 2.11) [68]. Эта методика позволяет полимеру проникнуть в самые мелкие капилляры пульпы. Наилучшая визуализация структур под сканирующим электронным микроскопом обеспечивается после деминерализации твёрдых тканей.



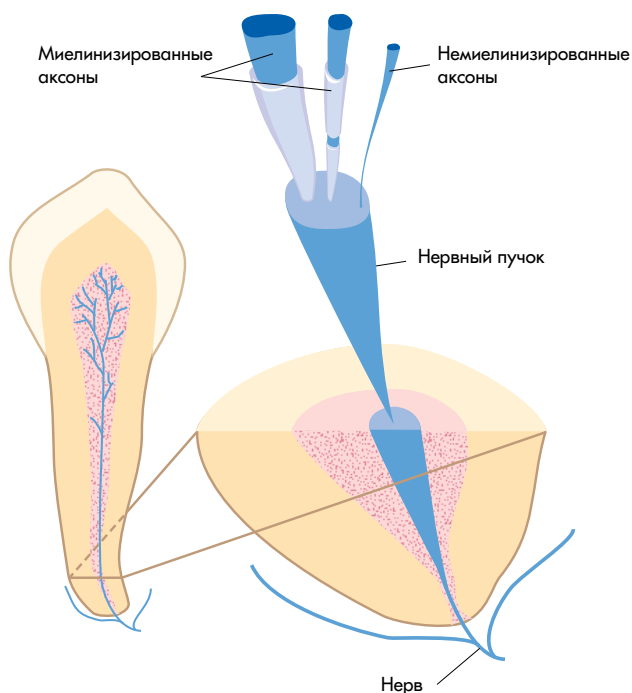
**Рис. 2.16.** Когда обнажённый дентин высушен (1) или подвергнут негативному воздействию, такому как сильный поток сжатого воздуха или выскабливание зондом, движение дентинной жидкости, направленное к периферии, быстро ускоряется. Это приводит к стимуляции нервной ткани (2) и увеличению пульпового кровотока нервного генеза (3). Следовательно, большинство сосудов, заполненных кровью в состоянии покоя лишь частично, переполняются и увеличивают общий объём наполненных сосудов в пульпе. Такая реакция требует пространства для расширения (4). Поскольку ткани пульпы заключены в ограниченном объёме, мгновенное заполнение сосудов вызывает повышение интерстициального тканевого давления [27]. Возникающая в результате сила увеличивает фильтрацию дентинной жидкости во внешнюю среду (5) [49].



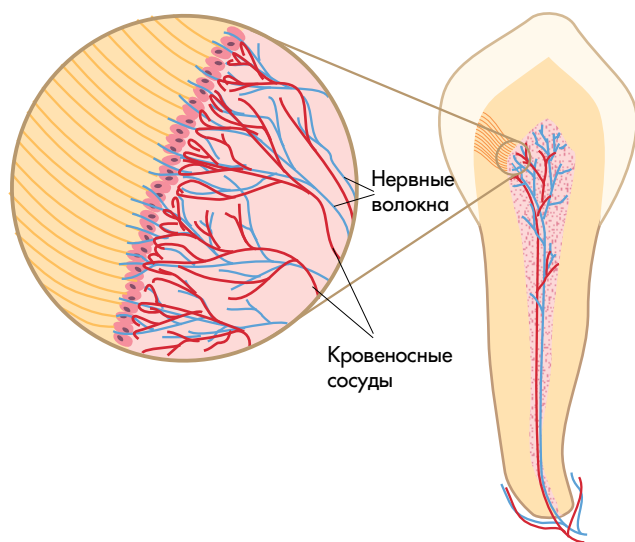
**Рис. 2.17.** Препарирование дентина перед реставрацией увеличивает пульповый кровоток, что приводит к накоплению жидкости и макромолекул вне тока сосудов. В свою очередь, это вызовет длительное увеличение внутрипульпарного давления, которое может достигать значений, в 2 раза превышающих нормальные показатели [32]. Гидравлическое давление моментально способствует образованию тока дентинной жидкости, направленному к периферии, в зоне обнажённого дентина. Интерстициальное накопление жидкости, однако, ограничено противодействующим давлением, которое способствует удалению белков сквозь лимфатические сосуды. Избыточная жидкость медленно выводится через неповреждённые вены в смежных участках ткани [27]. Смежные лимфатические и кровеносные сосуды также обеспечивают выведение токсичных веществ.

ментами. Поскольку теплопроводность дентина низкая, главной проблемой становится разрушительный обезвоживающий эффект. Критична недостаточная водная ирригация (рис. 2.15). Если вмешательство происходит вдали от пульпы, повреждения перегревом

не происходит. Кроме того, частая вибрация в области твёрдых тканей зуба при использовании несбалансированного инструмента также может привести к травме. Все эти повреждения вызывают сосудисто-нервные реакции, подобные естественным, описанным выше.



**Рис. 3.2.** Схема нервного пучка, входящего в полость зуба через апикальное отверстие. Нервный пучок состоит из миелинизированных и немиелинизированных аксонов различных размеров.



**Рис. 3.3.** Иннервация границы пульпы/дентина в коронарной пульпе. Волокна нерва, входящие в эту область, образуют плотную сеть, известную как сплетение Рашкова. Волокна формируют свободные нервные окончания в периферической пульпе и одонтобластном слое. Много нервных окончаний также расположено в дентинных канальцах. Некоторые волокна пучка иннервируют смежные кровеносные сосуды (объяснение в тексте).

Терминальное ветвление волокон пульпы нерва довольно обширно [7]. Отдельные миелинизированные аксоны могут иннервировать свыше 100 дентинных канальцев. Соответственно иннервация границы пульпы/дентина чрезвычайно плотна. И миелинизированные, и немиелинизированные волокна заканчиваются как свободные нервные окончания. Это рецепторы или ноцицепторы, в норме отвечающие за реакцию на внешние раздражители при изменении условий внешней среды, а также обеспечивающие ответ на различные медиаторы воспаления во время патологических процессов.

Как и в других тканях, сенсорные нервы пульпы содержат нейропептиды, такие как вещество Р и генкальцитонинный пептид (ГКП) [8–12]. Также были идентифицированы некоторые нейропептиды в различных частях нервной системы [18, 34], действующие как нейромедиаторы или модуляторы и выполняющие существенные регуляторные функции при передаче импульса в центральную нервную систему. Многие из них функционируют в периферических тканях, как, например, медиаторы в эффекторных органах автономных симпатических и парасимпатических нервов [34]. Сенсорные нейропептиды в афферентных нервах играют важную роль на начальных стадиях воспалительного процесса (нейрогенное воспаление) после повреждения периферических тканей [47, 48] и, видимо, регулируют более поздние стадии воспаления и регенерации [8–12].

Нервные окончания в дентине локализованы в пределах 150–200 мкм со стороны канальца, обращенной к пульпе [7, 10]. Внешние слои дентина не иннервированы. Нужно также отметить, что иннервация дентина является самой плотной в коронарной части, особенно в области рогов пульпы под буграми коронки, где находится приблизительно 50% канальцев, содержащих нервные волокна [7]. Множество канальцев содержат несколько нервных окончаний [7, 28]. Учитывая структурные размеры дентина, можно считать, что на 1 мм<sup>2</sup> границы пульпы и дентина в области рога пульпы приходится приблизительно 15 000–20 000 нервных окончаний. Иннервация границы пульпы/дентина становится менее плотной к пришеечным областям, количество иннервированных канальцев значительно снижается [7, 10]. Кроме того, расстояние, через которое волокна нерва проникают в канальцы, намного меньше, чем в области коронки. В корне иннервация периферической пульпы и дентина скудная [7]. В этом отношении структурная организация внутризубной иннервации не имеет корреляции с чувствительностью различных областей дентина, особенно четко это проявляется в случае жалоб на повышенную чувствительность при обнажении пришеечного дентина. Однако это очевидное несоответствие может присутствовать при длительном обнажении дентина и очевидной разнице в формировании ответа на раздражение дентино-пульпового комплекса между коронарным и при-



**Рис. 5.6.** Рентгенографический признак облитерации пульпы во втором нижнем правом молочном моляре после пульпотомии с использованием раствора формокрезола Buckley в качестве лечебной повязки: (а) перед лечением; (б) через 2 года после вмешательства.

Межкорневой периодонтит становится частой причиной неудачной пульпотомии с использованием формокрезола Buckley [46, 69]. Он был диагностирован в 29 (39%) из 74 зубов в исследовании Mejäre [46] (рис. 5.5). Тем не менее следует отметить, что в этом исследовании больше чем у половины зубов были очевидные клинические симптомы тотального пульпита во время лечения, что свидетельствует о плохом состоянии пульпы и уменьшает предпосылки для её успешного лечения. При использовании раствора FC в разведении 1:5 или глутаральдегида межкорневой периодонтит зарегистрирован в 3–4% случаев [18, 19].

Периапикальный периодонтит – наиболее распространённая причина неудачи после пульпотомии. Обнаружен в 10 (11%) из 93 зубов через 1 год после вмешательства в одном исследовании [74] и лишь в 2 (3%) из 78 зубов в течение времени наблюдения, составившего почти 4 года, в другом исследовании [35]. После 3 лет наблюдения с ледермиксом в качестве лечебной повязки периапикальный периодонтит зарегистрирован в 9 из 101 моляра [23].

Облитерация пульпы происходила главным образом после пульпотомии с использованием FC или глутаральдегида в качестве лечебной повязки (рис. 5.6). Рентгенологические признаки облитерации пульпы замечены в 62–80% моляров после пульпотомии с раствором Buckley [27, 46, 69, 92]. При использовании разбавленного раствора [18] облитерация пульпы произошла в 20 (29%) из 70 зубов после 2 лет наблюдения. С глутаральдегидом облитерация пульпы встречалась в 20 (40%) из 50 зубов после 2 лет наблюдения [19], тогда как Tsai и соавт. [85] сообщили о более низкой частоте: 26 (17%) из 150 зубов через 3 года наблюдения.

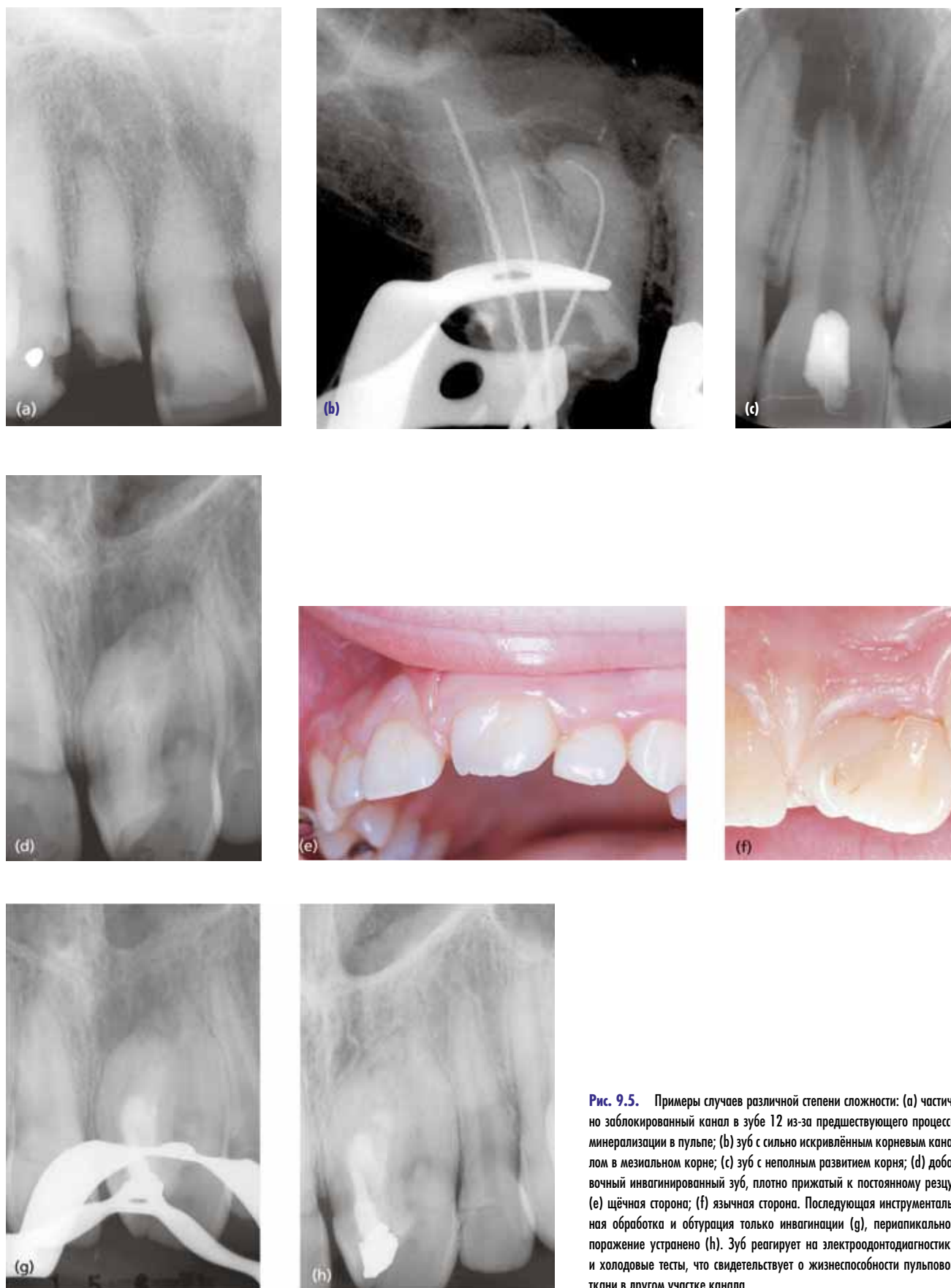
Вероятная причина облитерации пульпы – реакция на раздражающие эффекты этих средств, особенно ущерб, причиняемый сосудистому руслу оставшейся пульпы. Было доказано, что формальдегид (компонент

формокрезола) быстро проникает сквозь сосуды, вызывая тромбоз и геморрагию даже в участках, удалённых от раневой поверхности [49]. Как следствие происходит повреждение удалённой пульпы, которая реагирует образованием твёрдой ткани. Подобные реакции встречаются и при использовании глутаральдегида в качестве лечебной повязки. Нужно отметить, что такая реакция после пульпотомии с формокрезолом и глутаральдегидом доказывает, что в корневых каналах остаётся жизнеспособная ткань. В большинстве клинических исследований это осложнение не признают неудачей.

Преждевременную потерю зуба не рассматривают как неудачу, но о ней необходимо упомянуть. Потеря моляра после пульпотомии с формокрезолом или глутаральдегидом может произойти быстрее, чем симметрично расположенного зуба. Предполагают, что глутаральдегид превосходит формокрезол в этом отношении, потому что вызывает более низкий процент преждевременной потери: 15 против 47% с раствором Buckley и 39% с разбавленным раствором [19]. Вероятно, преждевременная потеря зуба за 6 мес до физиологической смены имеет незначительную клиническую важность.

### Показания и противопоказания к лечению пульпы в молочных зубах

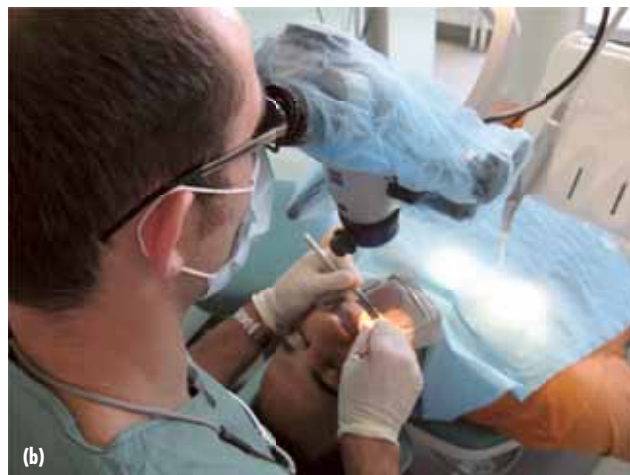
Самая важная причина сохранения молочного зуба до физиологической смены состоит в сохранении места для предотвращения скучивания постоянного зубного ряда. Применительно к молярам наиболее важен период до включения постоянных моляров в окклюзию. Также немаловажны поддержка жевательной функции, предотвращение появления вредных привычек (например, просовывать язык между зубами) и сохранение эстетики. Кроме того, в некоторых случаях важно



**Рис. 9.5.** Примеры случаев различной степени сложности: (а) частично заблокированный канал в зубе 12 из-за предшествующего процесса минерализации в пульпе; (б) зуб с сильно искривлённым корневым каналом в мезиальном корне; (с) зуб с неполным развитием корня; (д) добавочный инвагинированный зуб, плотно прижатый к постоянному резцу; (е) щёчная сторона; (ф) язычная сторона. Последующая инструментальная обработка и obturation только инвагинации (г), периапикальное поражение устранено (h). Зуб реагирует на электроодонтодиагностику и холодовые тесты, что свидетельствует о жизнеспособности пульповой ткани в другом участке канала.



**Рис. 10.7.** Положение доктора во время эндодонтического вмешательства в области жевательных зубов (а) нижней челюсти и (б) верхней челюсти.



(рис. 10.7, а). При работе в области зубов верхней челюсти пациента располагают лёжа (150–180°), а микроскоп разворачивают на 60–90° (в переднезаднем направлении) (рис. 10.7, б).

Работу с операционным микроскопом следует рассматривать как работу «в четыре руки». Для адекватной аспирации и обеспечения чистоты зеркал и рабочего поля ассистенту лучше расположиться с левой стороны от доктора, если доктор – правша. Использование видеокамеры и контрольного монитора позволит ассистенту работать с упреждением и обеспечить эффективную помощь доктору.

## Микромеханическая обработка

Для помощи во время работы с операционным микроскопом выпускают инструменты уменьшенных размеров. Некоторые из этих инструментов значительно упрощают работу:



**Рис. 10.8.** Насадка Stropko, используемая при работе с хирургическим микроскопом для обеспечения ирригации или высушивания.

- микронасадки для ирригации (Stropko), также обеспечивающие достаточный воздушный поток (рис. 10.8);
- К- и Н-файлы на удлинённых ручках, не мешающие обзору во время работы, используют для обнаружения устьев каналов (рис. 10.9);
- маленькие зеркала различных размеров (2–5 мм) и формы (круглые и прямоугольные) используют в ретроградной хирургии (рис. 10.10);
- звуковые или ультразвуковые насадки для поиска устьев корневых каналов или препарирования при ретроградной хирургии (рис. 10.11).

## Важные аспекты

Существуют важные моменты, на которые следует обратить внимание при работе с операционным микроскопом.



**Рис. 10.9.** Специально сконструированные ручные файлы для поиска устьев каналов без затруднения обзора.