

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Список сокращений и условных обозначений	6
Введение	7
Глава 1. Стоматологическое материаловедение как наука	9
1.1. Основные свойства стоматологических материалов	9
1.2. Принципы адгезии стоматологических материалов	14
1.3. Биосовместимость стоматологических материалов и методы ее оценки	17
1.4. Общая классификация стоматологических материалов	19
1.5. Контроль качества стоматологических материалов	22
1.6. Требования к «идеальному» пломбировочному материалу	24
Контрольные вопросы	25
Глава 2. Временные пломбировочные материалы в детской терапевтической стоматологии	27
2.1. Состав, свойства и показания к применению временных пломбировочных материалов	27
Контрольные вопросы	42
Глава 3. Пломбировочные материалы, используемые для реставрации временных и постоянных зубов	43
3.1. Стоматологические цементы: общая характеристика, классификация, свойства	43
3.2. Адгезивы и адгезивные системы	74
3.3. Классификация и основные свойства композитных материалов	89
3.4. Компомеры	103
Контрольные вопросы	107
Глава 4. Материалы для лечебных и изолирующих прокладок	108
4.1. Материалы для лечебных прокладок: классификация и основные свойства	108
4.2. Материалы для изолирующих прокладок: требования к материалам, методики использования	121
Контрольные вопросы	133

Глава 5. Современные материалы для эндодонтии в детской стоматологии	134
5.1. Материалы для эндодонтического лечения временных и постоянных зубов с несформированными корнями.	134
5.2. Эндодонтия нового поколения: кальций-силикатные цементы	159
Контрольные вопросы	166
Глава 6. Материалы для профилактики стоматологических заболеваний	167
6.1. Стоматологические герметики	167
6.2. Индикаторы зубного налета	172
6.3. Реминерализующие средства	178
Контрольные вопросы	192
Тестовый контроль знаний	193
Ситуационные задачи	197
Врачу-стоматологу от авторов	203
Список литературы	205
Предметный указатель	206

ПРЕДИСЛОВИЕ

Решение издать предлагаемое учебное пособие обусловлено потребностью современного образовательного и практического стоматологического рынка в учебной литературе, основанной на данных современной науки и практики, предназначенной для подготовки и воспитания врачей-стоматологов новой генерации с учетом меняющихся образовательных программ и потребности пациентов в квалифицированной профилактической стоматологической помощи.

Профессионалам необходимо учитывать постоянно меняющийся ассортимент продукции и ее качество, знать, что происходит в сфере профессиональных интересов, на основе этих данных давать исчерпывающие и квалифицированные рекомендации пациенту, учитывая индивидуальный стоматологический статус и возможность улучшения. Учебное пособие позволит будущим и практикующим врачам-стоматологам давать рекомендации с учетом стоматологических особенностей каждого пациента. Это обеспечит благодарность и преданность со стороны пациентов, проходящих стоматологическое лечение.

Детская стоматология — специальность сложная и многогранная. Она включает профилактику стоматологических заболеваний, детскую терапевтическую стоматологию, хирургическую стоматологию, ортодонтию. Специалист, решивший посвятить себя этому делу, должен знать все ее разделы и понимать их органическую взаимосвязь, учитывать морфофункциональные особенности быстро развивающегося и растущего детского организма.

Институт стоматологии выражает искреннюю благодарность Кондратенко Николаю Николаевичу за предоставленный подбор иллюстраций к учебному пособию. Ваш труд — это бесценный подарок, который приобщит большое количество студентов, ординаторов, аспирантов и врачей-стоматологов и даст наглядный урок любви к своей профессии. Признательны Вам за большую просветительскую деятельность!

ВВЕДЕНИЕ

Проблема выбора пломбирочного материала в детской стоматологии весьма актуальна. Материал для пломбирования постоянных зубов у детей должен обладать биосовместимостью, хорошей адгезией, удовлетворительными физическими свойствами (легкостью и высокой скоростью внесения в кариозную полость), способностью выделять фтор.

В учебном пособии содержится наиболее полная и современная классификация основных и вспомогательных стоматологических материалов, применяемых в детской стоматологии. Представлены данные о физико-химических характеристиках материалов, их свойствах и наиболее рациональных способах применения при лечении временных и постоянных зубов с незаконченным формированием корней. Изложены также современные взгляды на требования, предъявляемые к стоматологическим материалам. Пособие включает тестовые задания для самоконтроля и большое количество иллюстративного материала.

Глава 1

СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ КАК НАУКА

1.1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Основной метод исследования в стоматологическом материаловедении — определение комплекса свойств и характеристик материалов, имеющих ключевое значение для их применения в условиях полости рта. Эти характеристики отражаются в изменениях следующих свойств материалов: теплопроводности, изменения размеров и объема при изменениях температуры, способности к впитыванию ротовых жидкостей и возможности провоцировать возникновение гальванических токов. Кроме того, важны и оптические свойства материалов, определяющие эстетическое качество восстановления зубов.

Изменения, происходящие в материале вследствие химических взаимодействий и реакций, отражают его химические свойства. Функциональные нагрузки, действующие на восстановительные стоматологические материалы, предъявляют требования к их механическим свойствам.

Результаты исследования свойств стоматологических материалов имеют не только теоретическое, но и практическое значение, так как позволяют регулировать свойства материалов путем изменения их состава, разработки оптимальных методов и технологий применения в различных областях стоматологии.

Весь комплекс свойств стоматологических материалов принято делить на **физические, механические, химические и биологические (рис. 1.1)**. Важно учитывать аспекты, связанные с эстетикой, они влияют на внешний вид материала: цвет, полупрозрачность, блеск поверхности, флюоресценцию. Помимо этого, не будем забывать про **технологические** свойства материалов, определяющие удобство и эффективность их применения в клиниче-

ской практике врача-стоматолога. Важно отметить, что технологические свойства включают не только физические, но и химические показатели. К физическим свойствам относят **реологические**, включающие вязкость, тиксотропию, текучесть материала. Из раздела химических будут рассмотрены время твердения и рабочее время материала.



Рис. 1.1. Основные свойства стоматологических материалов

Строго разграничить свойства стоматологических материалов не всегда возможно, поэтому для их характеристики чаще используют комплексные понятия: физико-механические и физико-химические свойства. Следует отметить, что на эстетические характеристики и параметры биосовместимости материалов влияют их физические и химические особенности.

К **физическим свойствам** материалов относят плотность, температуру плавления и кипения, тепло- и электропроводность, термические коэффициенты линейного и объемного расширения, поверхностное напряжение, цвет, фазовые превращения и множество других.

Материалы по физическим свойствам делят на две основные группы:

- ▶ изотропные (свойства материала одинаковы в любых направлениях, например металлы, каучук);
- ▶ анизотропные (свойства материала в различных направлениях неодинаковы, например дерево, волокна, слоистые пластики).

К **химическим** относят свойства, проявляющиеся при химическом взаимодействии материала или его компонентов со средой полости рта. Примером такого взаимодействия могут быть реакции между ионами фтора, кальция и фосфора, входящими в составы профилактических материалов, с твердыми тканями зуба. С химическими свойствами материалов связаны такие важные для применения в стоматологии процессы, как отверждение материалов, механизмы адгезионного взаимодействия восстановительного материала с окружающими тканями. Одно из требований, предъявля-

емых к конструкционным материалам в стоматологии, — их химическая инертность. Некоторые металлы и сплавы не используют для изготовления зубных конструкций из-за склонности к коррозии, что может привести к разрушению материала. К химическим свойствам материалов относят их окисляемость и растворимость, включая растворимость под воздействием окружающей среды полости рта и пищевых продуктов. Для оценки коррозионной устойчивости стоматологических материалов в различных условиях применяют метод испытаний в жидкости с полным погружением, паре, кипящем солевом растворе, атмосфере, лабораторных условиях.

Механические свойства — прочность на растяжение, сжатие, изгиб, кручение, удар, твердость и др. — характеризуют сопротивление материалов воздействию различных нагрузок и подчиняются законам механики — разделу физики, изучающему закономерности влияния энергии и силы на физические тела. Жевательные и другие функциональные нагрузки — силы, действующие на стоматологические материалы при замещении ими утерянных натуральных тканей зубов или зубного ряда. Механические свойства в значительной мере определяют область применения стоматологических материалов при восстановлении зубов.

В зависимости от выполняемой функции, характера пищи и вида зуба (резцы, клыки, премоляры, моляры) жевательная нагрузка на зубы колеблется в диапазоне от 50–500 Н, наибольшая нагрузка приходится на жевательные зубы. Под действием нагрузки в твердом теле происходят деформации. Различают упругие (обратимые) деформации, когда после снятия нагрузки твердое тело возвращается в свою первоначальную форму, и остаточные (необратимые) пластичные деформации, когда после прекращения действия нагрузки форма и размеры тела изменяются.

Прочность восстановительного материала имеет принципиальное значение для выбора вида восстановления зубов и зубочелюстной системы. **Прочностью** обычно называют способность какого-либо предмета или изделия (в детской стоматологии преимущественно пломбы или преформованной коронки) противостоять приложенным к ним нагрузкам, не разрушаясь и не проявляя излишнюю и необратимую деформацию.

Ключевой показатель, определяющий жесткость материала и его способность выдерживать приложенные нагрузки без значительных деформаций, — модуль Юнга, модуль упругости (эластичности). Его определяют, зная данные напряжения и деформации, возникающие в образце материала под действием приложенной к нему силы.

По данным литературы, показатели модуля упругости эмали и дентина натуральных зубов колеблются в широком диапазоне в зависимости от вида зуба и метода испытаний. Так, модуль упругости при сжатии эма-

ли и дентина может достигать 46 000–48 000 и 11 000–18 000 МПа соответственно. Прочность при сжатии данных натуральных тканей может составлять в среднем до 300 МПа.

Из практического опыта известно, что керамика способна разрушаться мгновенно и внезапно без видимой деформации или течения. Металлы способны течь и увеличиваться до 120% их первоначальной длины перед разрушением. Полимеры непрочны и крайне эластичны по сравнению с металлами и керамикой. Низкая прочность полимеров по сравнению с керамикой и металлами понятна из особенностей их молекулярного строения, согласно которому существуют сильные связи внутри полимерных цепей и слабые между цепями. Слабые вторичные связи между полимерными цепями позволяют им скользить относительно друг друга при напряжениях намного ниже, чем напряжения, требующиеся для разрушения связей в самих цепях.

Существует возможность теоретически предсказать прочность материала исходя из его строения, а также данных прочности межмолекулярных и межатомных связей. Это так называемая **теоретическая прочность материала**. Показатели реальной прочности материалов, полученные в результате испытаний, бывают в десятки и сотни раз ниже теоретической расчетной прочности.

Большинство изделий в стоматологии (пломбы, искусственные коронки) имеют неправильную геометрическую форму с изгибами, углами, шероховатостями, в которых концентрируются напряжения под действием жевательных нагрузок. Такие участки изделий называют **концентраторами напряжения**. Величина напряжения вокруг концентратора может во много раз превышать среднее значение напряжения в теле или образце. Причем рост напряжения вокруг концентратора будет зависеть от его формы. Крошечные царапины, практически всегда остающиеся на поверхности всех материалов даже после полирования, ведут себя как тонкие надрезы, вершины которых настолько остры, что могут попасть в межмолекулярные пространства в структуре материала. Таким образом, концентрация напряжения в вершинах этих крошечных царапин может приводить к напряжениям, достигающим значений теоретической прочности данного материала при относительно низком значении среднего напряжения. Когда концентраторы действуют в хрупком материале, например керамике, в нем образуется трещина, которая мгновенно распространяется по материалу, приводя к его разрушению. Если такой концентратор напряжения возник в пластичном металле, материал в зоне вершины концентратора напряжения деформируется под его воздействием и превращает острый надрез в закругленную канавку. Из-за того что вершина концентратора напряжения становится закругленной, а не острой, значение напряже-

ния в ней значительно снижается. Именно так и происходит в металлах и металлических сплавах, обладающих ковкостью или, иначе говоря, пластичностью.

Наконец, под **биологическими свойствами** понимают возможное воздействие стоматологических материалов на биологическую среду, в которой они находятся. Все конструкционные и вспомогательные материалы, используемые в стоматологии, не должны отрицательно влиять на ткани полости рта: изменять микрофлору полости рта, влиять на pH, затруднять кровообращение, нарушать чувствительность, и, что особенно важно, они не должны провоцировать воспаление.

Основные понятия, используемые для определения биологических свойств материалов, — их биоинертность и биосовместимость.

Биоинертность — явление, при котором материал не отторгается организмом, не влияет на окружающие его ткани и никак с ними не взаимодействует.

Биосовместимость (от англ. biocompatibility) — способность материала встраиваться в организм пациента, не вызывая побочных клинических проявлений, индуцируя клеточный или тканевый ответ, необходимый для достижения оптимального терапевтического эффекта.

Все конструкционные материалы проходят специальную проверку на биологическую инертность на животных и в биологических средах. Стоматологический материал должен также отвечать определенным токсико-гигиеническим требованиям (**см. раздел 1.3**).

Чтобы установить природу материала, его состав, основные свойства, при необходимости определить качество готовых стоматологических изделий, в стоматологическом материаловедении используют разнообразные методы исследований и испытания. Основными считают *рентгенологический, рентгеноструктурный, дилатометрический*, а также *магнитную и ультразвуковую дефектоскопию*.

Рентгенологический анализ — один из важнейших видов неразрушающего контроля. Он позволяет установить вид, тип и размер кристаллических решеток металлов и сплавов, а также выявить дефекты в уже готовых стоматологических материалах.

Рентгеноструктурный анализ (рентгенодифракционный анализ) позволяет обнаружить даже микроскопические дефекты внутри материала. В основе данного метода лежит явление дифракции рентгеновских лучей на трехмерной кристаллической решетке. Рентгеноструктурный анализ распространен ввиду своей простоты, универсальности и относительной дешевизны.

Дилатометрический метод основан на определении изменений объема, происходящих в материале при фазовых превращениях, его применяют

для определения кристаллических точек в твердых образцах. Дилатометрия привлекает исследователей своей простотой и эффективностью, при этом не требует чрезвычайно дорогостоящего оборудования или редких реактивов, а также позволяет охарактеризовать все процессы, непосредственно относящиеся к фазовому переходу.

Магнитная дефектоскопия выявляет дефекты в поверхностном слое (до 2 мм) ферромагнитных материалов. Магнитный метод включает два вида обследований: магнитопорошковый и магнитоиндукционный. Оба метода служат для обнаружения специфических магнитных потоков, возникающих при различных дефектах.

Ультразвуковая дефектоскопия — метод, основанный на исследовании процесса распространения ультразвуковых колебаний в контролируемых изделиях с помощью специального оборудования — ультразвукового преобразователя и дефектоскопа. Данный метод позволяет осуществлять эффективный контроль качества изделий из разнообразных материалов: металлов и неметаллов. Кроме того, можно отдельно выделить высокую скорость исследования, а также низкую стоимость и безопасность для человека (по сравнению с рентгеновской дефектоскопией).

1.2. ПРИНЦИПЫ АДГЕЗИИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Термин «адгезия» (синоним — бондинг) произошел от латинского слова *adhaesio*, означающего прилипание, склеивание, соединение двух различных твердых или жидких материалов. В широком смысле адгезия — явление, возникающее при сближении и соединении разнородных материалов, требующее применения сил для их разделения. Когда два материала находятся в таком близком контакте друг с другом, при котором могут взаимодействовать их поверхностные мономолекулярные слои, молекулы одного вещества определенным образом взаимодействуют с молекулами другого, испытывая взаимное притяжение. Силы этого притяжения называют силами адгезии или адгезионными силами. От них отличаются когезионные силы (силы когезии), обуславливающие взаимное притяжение молекул одного и того же вещества в его объеме.

Материал или слой, который наносят, чтобы получить адгезионное соединение, называют **адгезивом**. Материал, на который наносят адгезив, называют **субстратом**.

Различают несколько механизмов образования адгезионного соединения за счет различных типов адгезионных связей.

Механическая адгезия заключается в заклинивании адгезива в порах или неровностях поверхности субстрата. Этот процесс может протекать

как на микроскопическом уровне, например, при соединении полимера с протравленной эмалью зуба, так и на макроуровне, когда пластмассовую облицовку наносят на поверхность металлического каркаса, имеющего специальные захваты.

Более прочное и надежное соединение обеспечивает **химическая адгезия**. Она основана на химическом взаимодействии двух материалов или фаз, составляющих адгезионное соединение. Примером такого типа адгезии может быть водный цемент на полиакриловой кислоте, в которой присутствуют функциональные группы, способные образовывать химическое соединение с твердыми тканями зуба, прежде всего с кальцием гидроксилатапатитом.

Диффузионное соединение образуется в результате проникновения структурной фазы или компонентов одного материала в поверхность другого с образованием «гибридного» слоя, в котором содержатся обе фазы.

В практике трудно встретить случай адгезионного соединения, в котором в чистом виде был бы представлен какой-либо из перечисленных механизмов адгезии. В большинстве случаев при использовании материалов различной химической природы для восстановления зубов присутствует адгезионное взаимодействие и механического, и диффузионного, и химического характера. Виды адгезионных соединений в стоматологии представлены на **рис. 1.2**.

Выделяют следующие условия создания прочного адгезионного соединения.

1. Чистота поверхности, на которую наносят адгезив. На поверхности субстрата не должно быть пыли, посторонних частиц, адсорбированных монослоев влаги и других загрязнений.

2. Пенетрация (проникновение) жидкого адгезива в поверхность субстрата. Она зависит от способности адгезива смачивать поверхность субстрата.

3. Минимальная усадка и минимальные внутренние напряжения при отверждении адгезива на поверхности субстрата.

4. Минимизация термических напряжений. Если адгезив и субстрат имеют различные коэффициенты термического расширения, при нагревании этого соединения клеевой шов будет испытывать напряжение.

5. Возможное влияние коррозионной среды. Присутствие воды, способствующей коррозии жидкостей, или паров часто приводит к ухудшению адгезионной связи. Среду полости рта с ее высокой влажностью, присутствием слюны, пищевых продуктов, изменчивым рН, непостоянной температурой и наличием микрофлоры признают агрессивной. Это в значительной степени влияет на надежность и долговечность адгезионных соединений восстановительных материалов в полости рта.

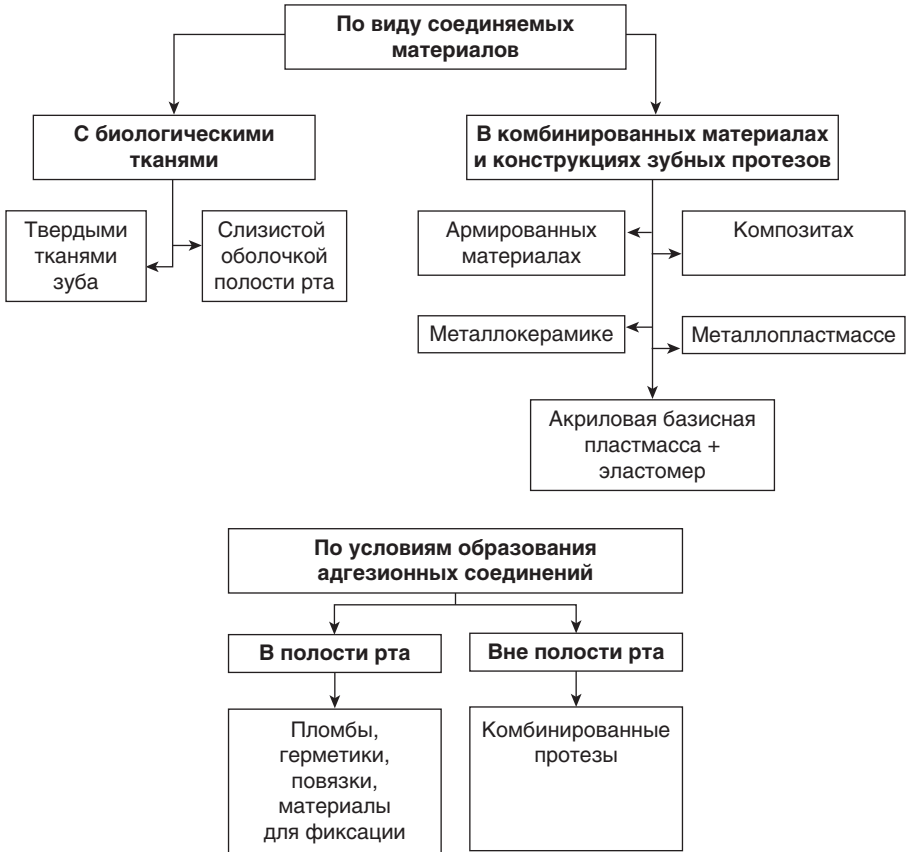


Рис. 1.2. Классификация видов адгезионных соединений в стоматологии

Об адгезии обычно судят по величине **адгезионной прочности**, то есть по сопротивлению разрушению адгезионного соединения. Как следует из определения адгезии, достаточно измерить приложенное усилие для разделения материалов, составляющих адгезионную пару, чтобы определить прочность данного соединения. Не так просто достичь того, чтобы измеренное усилие разделения склеенной пары численно соответствовало именно адгезионной прочности. Именно по этой причине предложено множество методов для измерения различных адгезионных соединений, активно используемых в стоматологии. Несмотря на многообразие методов, они обычно предусматривают три механизма разрушения: при растяжении, сдвиге и неравномерном отрыве.

При испытании адгезионного соединения обязательно обращают внимание на характер разрушения: различают адгезионное (адгезионный отрыв) и когезионное разрушение. Очевидно, что поверхность разрушения проходит по наименее прочному звену соединения.

Адгезия важна в различных аспектах стоматологии. Она встречается при соединении пломбы со стенками полости зуба, герметика и лака с зубной эмалью, при фиксации несъемных зубных протезов цементами. В ортодонтии на принципах адгезии к поверхности зубов прикрепляют брекеты.

Современная стоматология использует **адгезивные системы** — набор веществ, применяемых в строгой последовательности, обеспечивающих обработку поверхности тканей зуба для последующего прикрепления к ней пломбирочного материала или цемента. Адгезивные системы разработаны для герметичного и прочного прикрепления конструкций к тканям зуба. Более подробно мы разберем их в следующей главе.

1.3. БИОСОВМЕСТИМОСТЬ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДЫ ЕЕ ОЦЕНКИ

Очевидно, каким бы прочным и привлекательным по своим эстетическим свойствам ни был материал, если его применение может вызвать серьезные отрицательные реакции со стороны организма, от применения данного материала придется отказаться. Абсолютно любой стоматологический материал воздействует на организм пациента как на местном, так и на системном уровне. Следовательно, стоматологический материал — не просто материал определенной химической природы, в данном случае к нему применимо понятие «биологический материал» или «био-материал».

Биоматериал — инородный материал, помещаемый в организм на любое время для того, чтобы заместить поврежденные или утраченные в результате травм либо заболеваний естественные ткани, устранить деформации или дефекты.

Биоматериал любого назначения должен обладать свойствами биосовместимости. Раньше в стоматологическом материаловедении говорили о **биоинертном материале** — не влияющем на окружающие его ткани, не взаимодействующем с ними. В настоящее время от материала для восстановления коронки зуба ожидают не только образования прочной и постоянной связи с тканями зуба, но и их оздоровления и регенерации. Называть такой материал инертным неверно. С этой точки зрения в настоящее время более подходящим термином считают «биоприемлемый» или «**биосовместимый материал**» (рис. 1.3).