

Кировская Государственная медицинская академия  
Деканат стоматологического факультета  
Кафедра стоматологии

**Кариесрезистентность  
эмали. Кариесогенная  
ситуация в полости  
рта.**

Докладчик:  
ассистент кафедры  
стоматологии, к.м.н.,  
Громова С.Н.

Киров, 2013



[www.kirovgma.ru](http://www.kirovgma.ru)  
[ivc@kirovgma.ru](mailto:ivc@kirovgma.ru)

## **Эмаль (*enamelin, substantia adamantina*) — живая ткань, покрывающая коронку зуба.**

- ❖ Это минерализованная ацеллюлярная ткань эктодермального происхождения, которая не содержит сосудов и нервов.
- ❖ Эмаль является самой твёрдой тканью в организме за счёт высокого содержания в ней (97%) неорганических компонентов — *апатитов*.
- ❖ В настоящее время формирование эмали рассматривают как единый процесс развития органического матрикса и его минерализации. При этом формирование и ориентация кристаллов минерального компонента определяются органическим матриксом эмали, структурная организация которого способствует адсорбции её поверхностным слоем минеральных компонентов, что приводит к образованию кристаллов.

# Эмаль зуба

- 96 % она состоит из неорганических веществ,
- 3% вода,
- 1% - 1,2%- органические вещества
  - Нерастворима в воде,
  - Нерастворима в слюне,
  - Устойчива к механическому воздействию.

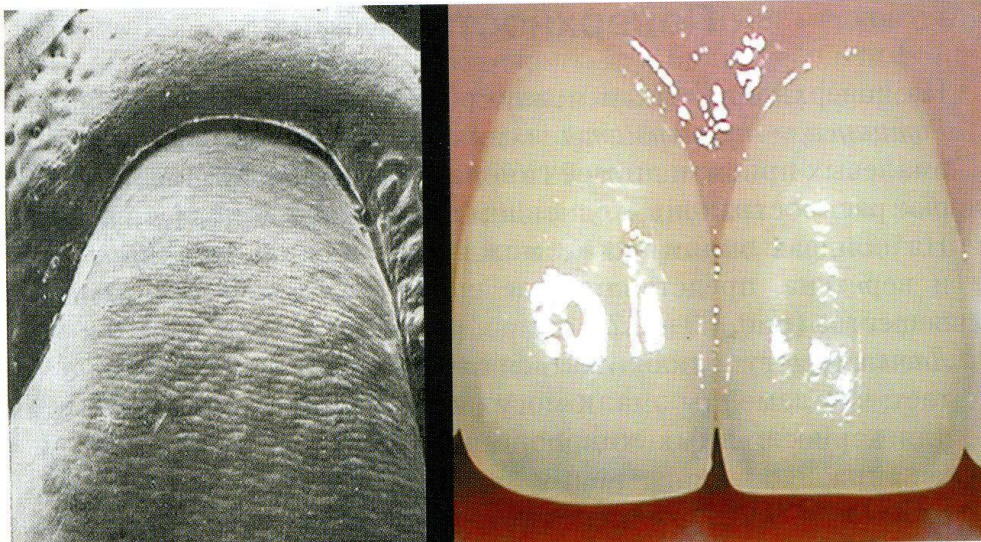
**РАСТВОРИМА В КИСЛОТАХ**

# Поверхность эмали



На поверхности эмали можно обнаружить места выхода *линий Ретциуса* — *перикиматы*, т.е. ямки, образованные окончанием эмалевых призм, и другие гипопластические образования, которые распространены в основном в пришеечной области зубов.

Перикиматы – параллельные выступы-волны, образованные циклическим отложением эмали



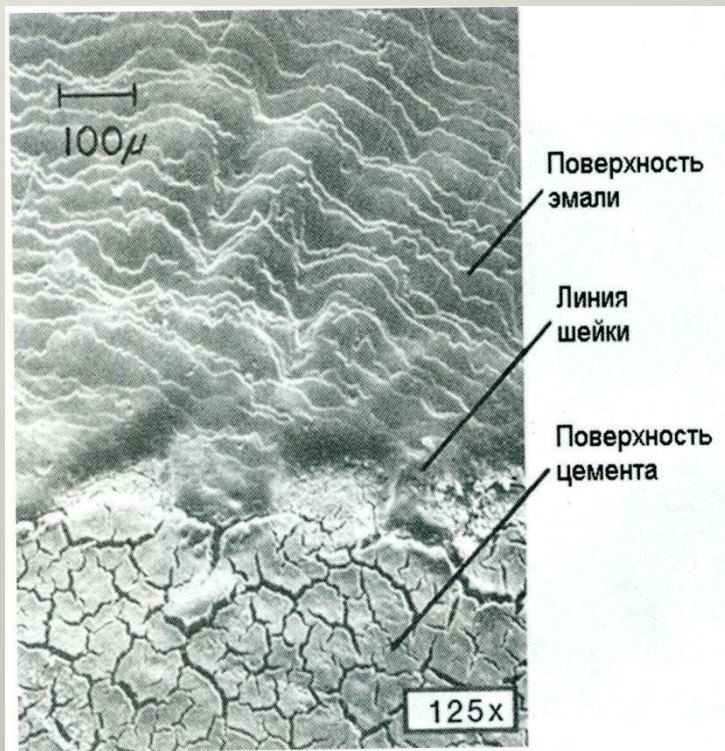
На шлифах эмали также можно обнаружить **ламеллы**, пучки и веретена, представляющие собой скопления органического вещества.

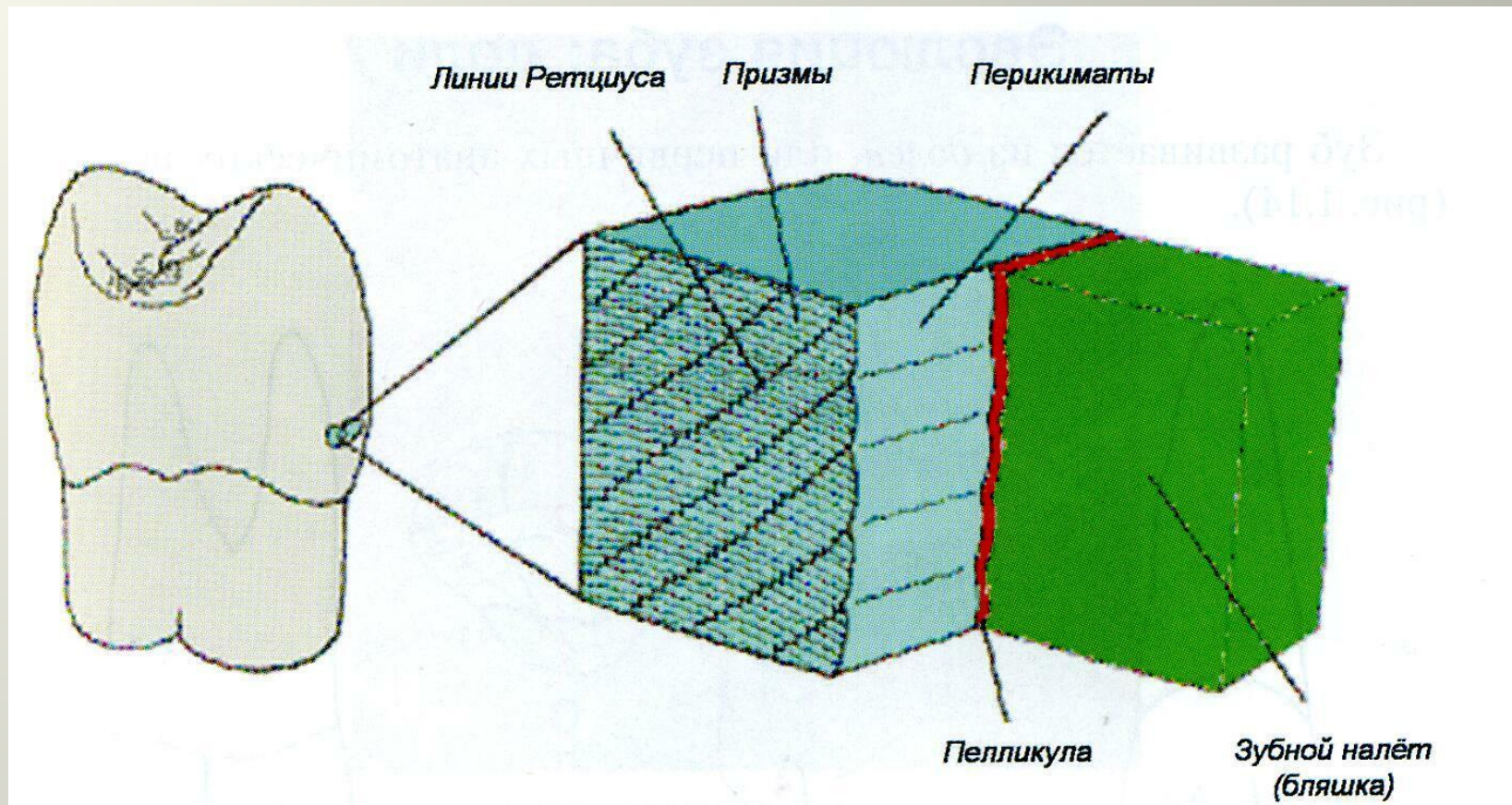
Ламеллы могут заканчиваться глубоко в эмали.

**Эмалевые пучки** начинаются у эмалево-дентинной границы и проникают примерно на  $1/3$  толщины эмали.

**Эмалевые веретёна** проникают в эмаль из дентина.

**Неонатальная линия** на временных резцах свидетельствует о нарушении минерализации, обусловленной неблагоприятными факторами в раннем детском возрасте.





**Абфракционные дефекты** (ограниченные линейные дефекты, или волосные трещины) являются результатом сочетания окклюзионной нагрузки с обусловленной возрастом потерей эластичности.

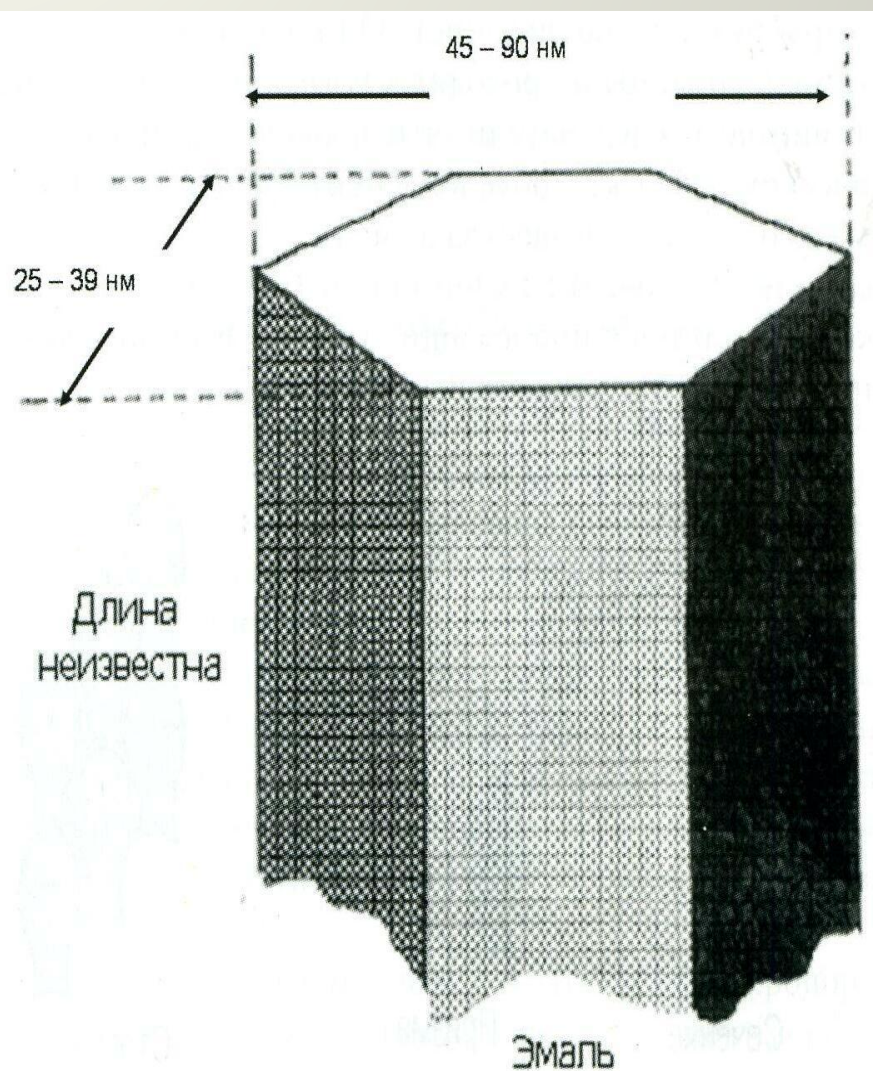
Разные коэффициенты теплового расширения эмали и дентина при перепадах температур могут провоцировать образование микродефектов в твёрдых тканях зуба

# Кристаллическая структура эмали



- Эмаль содержит восьмикальциевый фосфат —  $\text{Ca}_8(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и гидроксиапатитные кристаллы  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , большая часть которых имеет стабильную форму.
- В структуре кристалла ион **ОН** может замещаться на ионы **F** и ионы  $\text{CO}_3^{2-}$ .  
С возрастом минерализация эмали усиливается, что приводит к накоплению в ней *фтороапатита*. Возрастное изменение минерализации эмали приводит и к макроскопическим изменениям её поверхности. Так, исчезают перикиматы и поверхность эмали становится более гладкой.
- Вода и белки матрикса — *эмалины* — образуют оболочку вокруг каждого кристалла.

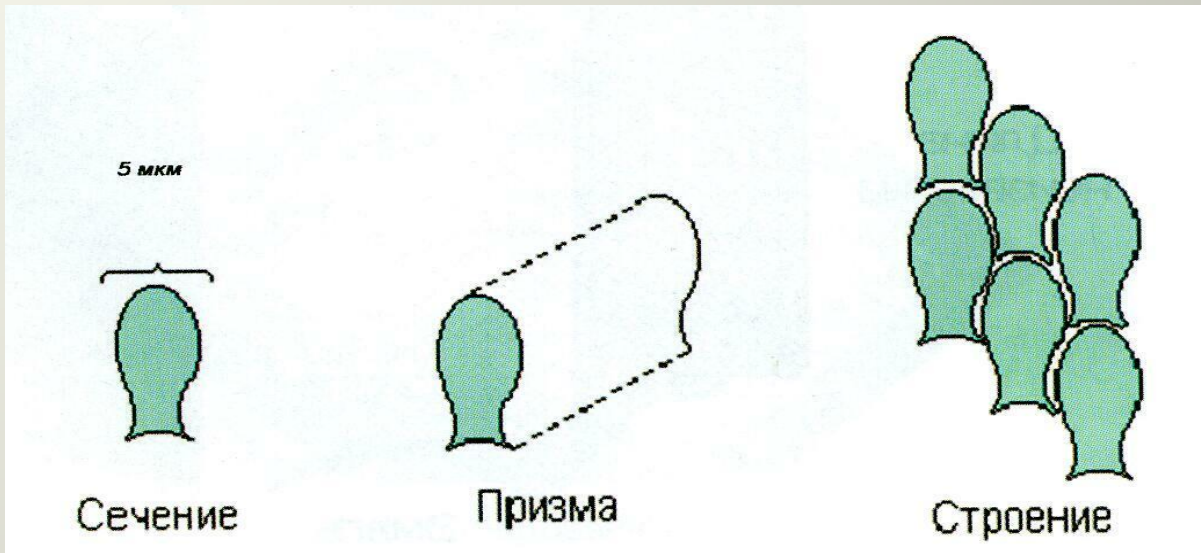
# Форма кристалла эмали



- Белковая матрица эмали выполняет буферную функцию, благодаря которой обеспечивается наличие в ней свободных ионов кальция, что является модулятором процесса минерализации.
- Функциональной элементарной единицей органической матрицы эмали считается кислоторастворимый белок с молекулярной массой 20 000, способный осаждаться в нейтральной среде при наличии ионов  $\text{Ca}^{2+}$ .
- Толщина тесно упакованных гексагональных кристаллов в зрелой эмали составляет 25-39 нм и ширину 45-90 нм. Длина кристаллов не установлена



# Эмалевые призмы



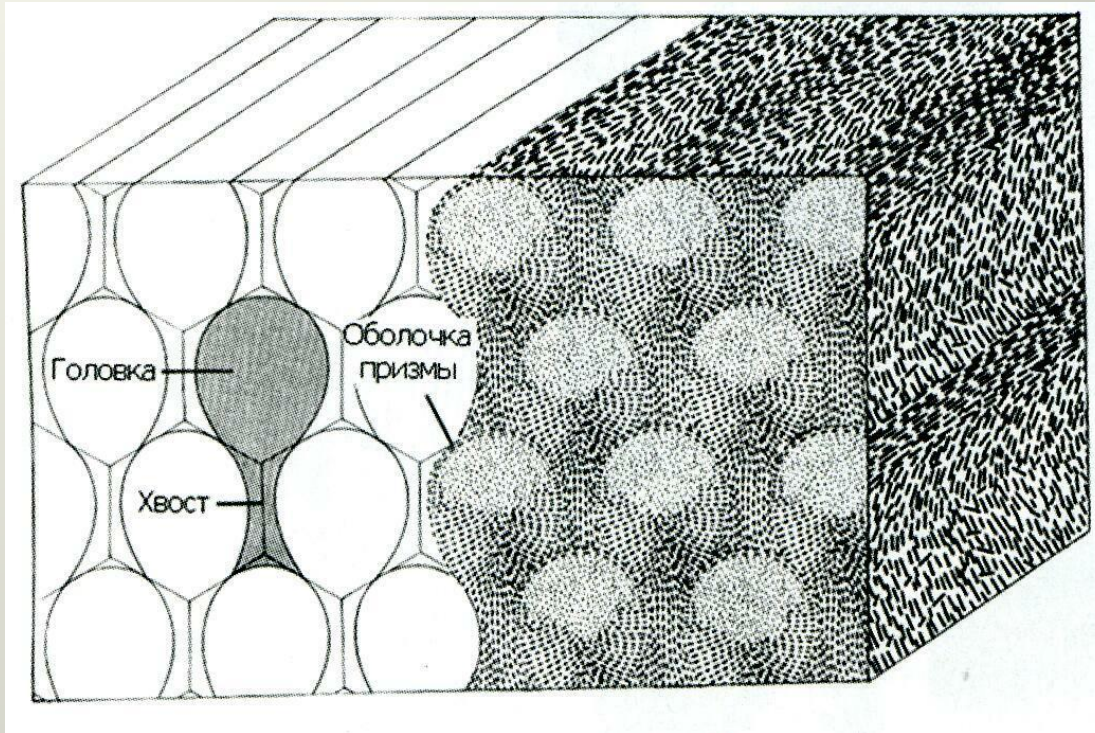
Сердцевина (головка) каждой призмы окружена межпризматической субстанцией прилежащих призм. Эта граница называется призматической оболочкой.

*Эмалевые призмы* — основные структурные единицы эмали — образуются симметрично повторяющимся отложением кристаллов. В эмали одного зуба в зависимости от его размера насчитывается от 5 до 12 млн. призм.

Призмы имеют форму замочной скважины или гриба с круглой головкой, диаметр которой 4-6 мкм, и хвостом.

**Эмалевые призмы впервые были описаны Ретциусом в 1837 году.**

# Положение эмалевых призм в толще эмали



Призмы проходят через всю длину эмали, но из-за их извилистого хода длина призм превышает толщину слоя эмали в данном участке

Характерное расположение призм обуславливает появление *полос Гунтера-Шрегера* (чередующиеся тёмные и светлые полосы, варьирующие по ширине). Они начинаются от эмалево-дентинной границы и проходят к поверхности эмали.

Как полагают многие исследователи, эти полосы возникают благодаря оптическому эффекту, обусловленному неодинаковым содержанием органического вещества в эмали.

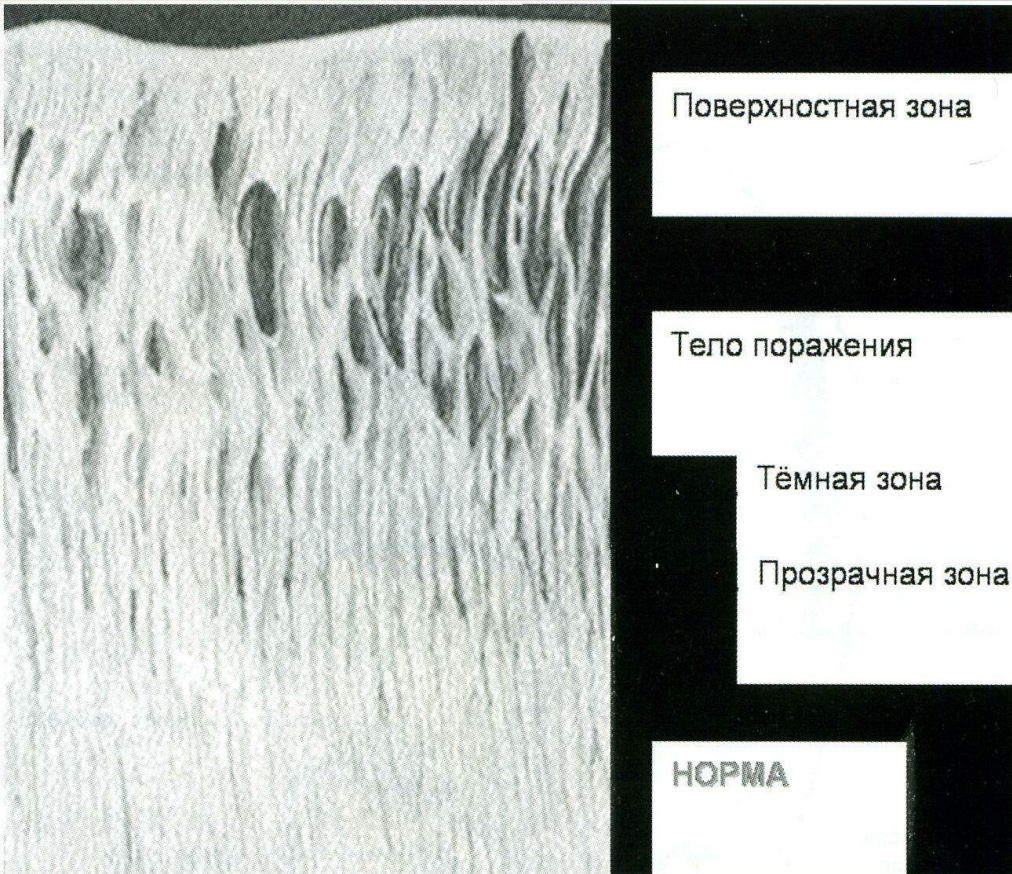
# Прочность эмали

Спиралевидное переплетение эмалевых призм обеспечивает функциональную адаптацию зуба к окклюзионной нагрузке, в значительной степени оно выражено на вершинах бугорков боковых зубов. Эту эмаль называют *шишковатой* эмалью.

Уменьшение нагрузки на зубные структуры обеспечивают также кристаллы, разделённые тонким органическим матриксом, чётко выявляющиеся в глубине эмалевых призм.

Поражение кариесом снижает микротвёрдость эмали на 30 - 40%.

# Цвет и толщина эмали



- Эмаль относительно прозрачна; её цвет в основном обусловлен толщиной слоя эмали и цветом подлежащего дентина.
- В области вершин бугров эмаль имеет толщину 2,5 мм, а на режущих краях резцов — 2 мм.
- Минимальная толщина эмали наблюдается в области дна глубоких окклюзионных фиссур, а также у шейки зуба, где она соединяется с цементом и дентином корня.
- Установлена повышенная минерализация жевательной поверхности моляров, на которые приходится наибольшая сила жевательного давления, в сравнении с другими зубами.
- На цвет эмали оказывают влияние пищевые красители (кофе, чай, табак). Изменение цвета эмали происходит также в результате образования кариозной полости, после реставрации, при плохой гигиене полости рта

# Износ (стирание) эмали

Эмаль тверда как сталь. Число твердости эмали по Кноор'у — 343, дентина — только 68.

Причиной *стирания эмали* является фрикционный контакт с зубами-антагонистами, а также контакт с более твёрдыми пломбировочными материалами, такими, например, как фарфор.

Нормальный физиологический износ эмали при контакте с эмалью зуба-антагониста составляет 29 мкм в год. Пломбировочные материалы, замещающие эмаль или контактирующие с ней, должны иметь похожий износ, гладкость, прочность и эстетику.

При сильном окклюзионном износе эмали округлые бугорковые контакты стираются до плоских фасеток, что хорошо видно при визуальном осмотре.

Некоторые факторы, такие, как *бруксизм* (скрежетание зубами), *парафункции жевательных мышц*, неправильная окклюзия, чересчур жёсткая пища, способны приводить к полному стиранию бугорков эмали на окклюзионной поверхности зуба и обнажению дентина.

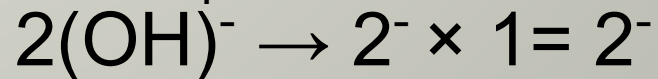
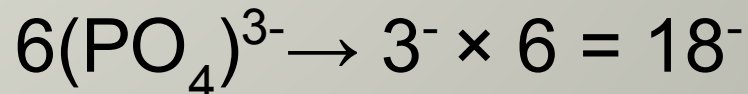
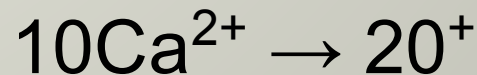
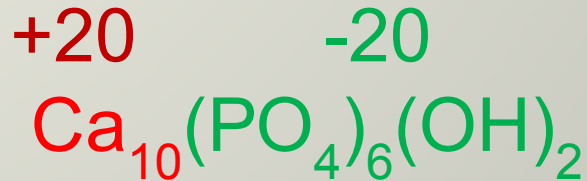
Постоянный состав эмали поддерживается за счет поступления минеральных компонентов из слюны. Уровень проницаемости эмали зубов человека с возрастом снижается, что обусловлено поступлением минеральных компонентов из слюны и отложением их в эмали.

В состоянии эмали зуба важную роль играет соотношение **Ca/P**- коэффициента.

Это соотношение не постоянно и может изменяться под воздействием ряда факторов. Оптимальным является значение **Ca/P**- коэффициента — **1,67**.

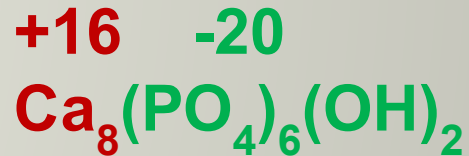
Гидроксиапатит  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  составляет 75 % всех других апатитов (гидроксифторапатит, хлорапатит, карбонатапатит, фторапатит).

Реакция изоморфного замещения, которая часто происходит в гидроксиапатитах:



$$\frac{10 \text{ Ca}}{6 \text{ P}} = 1,67 \text{ (молярный коэффициент)}$$

$$6 \text{ P}$$

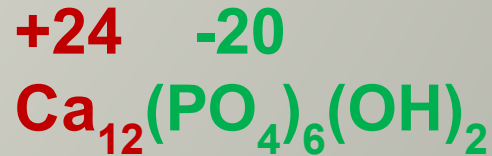


$$8\text{Ca}^{2+} \rightarrow +16$$

$$6(\text{PO}_4)^{3-} \rightarrow 3^- \times 6 = -18$$

$$2(\text{OH})^- \rightarrow 2^- \times 1 = -2 \quad +16-20 = -4$$

$$\frac{8 \text{ Ca}}{6 \text{ P}} = 1,33 \text{ (молярный коэффициент)}$$



$$12\text{Ca}^{2+} \rightarrow +24$$

$$6(\text{PO}_4)^{3-} \rightarrow 3^- \times 6 = -18$$

$$2(\text{OH})^- \rightarrow 2^- \times 1 = -2 \quad +24-20 = +4$$

$$\frac{12 \text{ Ca}}{6 \text{ P}} = 2 \text{ (молярный коэффициент)}$$

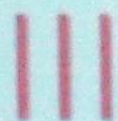
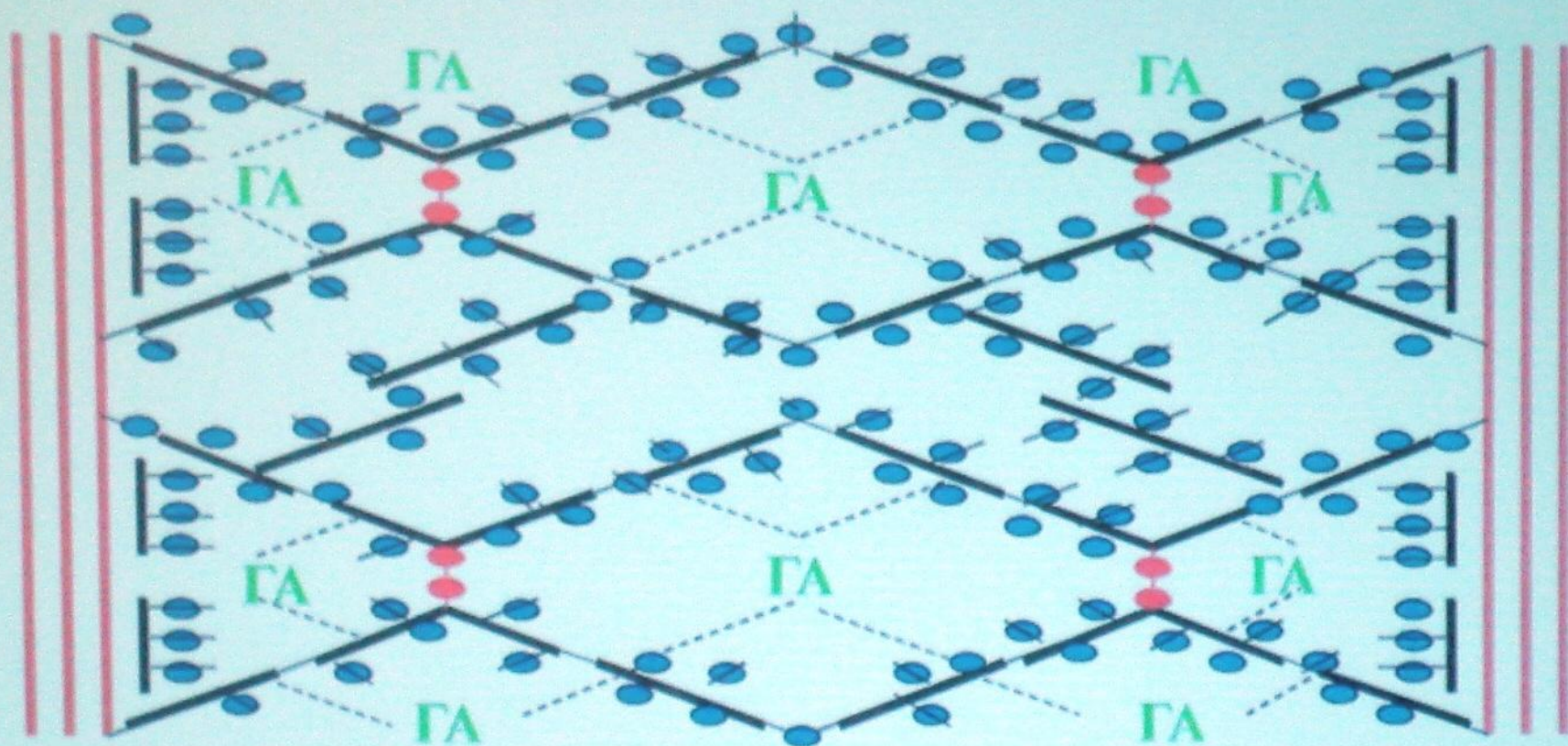


**Органическое вещество** эмали состоит из фибриллярных структур.

Его в эмали содержится по весу 1,2%, по объёму.

### **В белках эмали определены следующие фракции:**

1. Фибриллярный белок, нерастворимый в ЭДТА.
  2. Кальций-связывающий белок эмали, образующий в нейтральной среде нерастворимый комплекс с минеральной фазой.
  3. Данный белок может связывать до 10 атомов кальция на 1 молекулу белка.
  4. Белок, не обладающий сродством к минеральной фазе, с менее упорядоченной структурой.
- В количественном соотношении превалирует кальций связывающий белок.



- ЭДТА-, НСL - нерастворимый белок



- Са-связывающий белок



- Са<sup>2+</sup>



- Фосфолитиды

ГА

- Гидроксиапатит

Функционально – молекулярная модель строения эмали зубов

# Основными проявлениями гомеостаза эмали являются ионообмен и проницаемость.

- Вес жидкости в эмали составляет 2-3, 8%, объём — 6-12%.
- Связанная вода содержится в кристаллах эмали: в *гидратном слое* и слое абсорбированных ионов (межкристаллических пространствах).
- Несвязанная вода содержится в системе пор эмали (0,1%).
- Одним из основных механизмов проницаемости эмали является разность осмотического давления. Скорость тока водной жидкости через эмаль составляет 0,1 мл/ч. Движение эмалевой жидкости обусловлено силами капиллярности, действующими в узких пространствах между кристаллами эмали. Поток эмалевой жидкости стремится в направлении, противоположном осмотическому градиенту.
- *Центростремительная* проницаемость объясняет проникновение в эмаль и дентин ионов и молекул из ротовой жидкости. Через связанную воду в эмаль проникают молекулы и ионы с небольшим молекулярным весом:  $H^+$ ,  $F^+$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  и др.

# Возрастные изменения эмали

Фтор из ротовой жидкости и зубных паст способствует увеличению в эмали зуба содержания гидроксиапатита и превращению его в более крупные и более стабильные кристаллы фторгидроксиапатита, или *фторапатита*. Этим объясняются происходящие с возрастом:

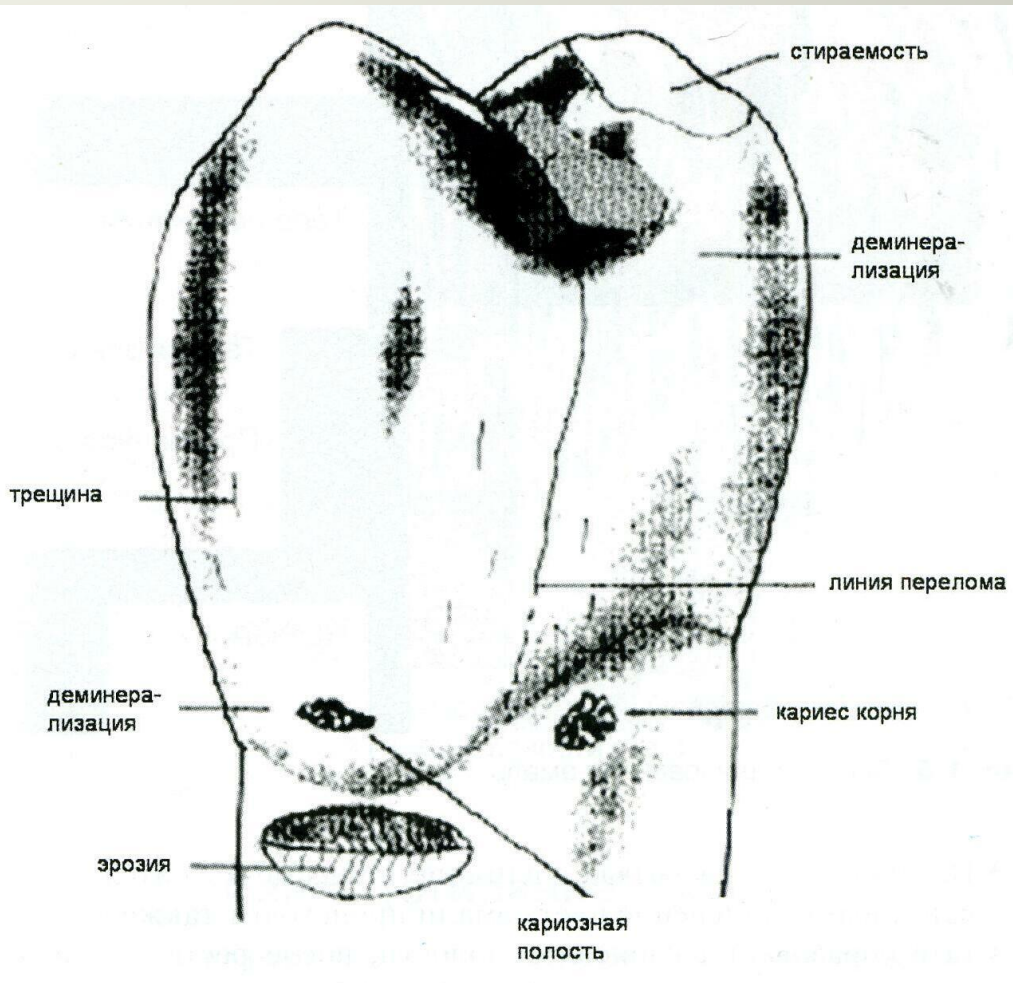
- уменьшение объёма пор;
  - уменьшение содержания воды;
  - снижение проницаемости эмали и её растворимости кислотами;
  - изменение цвета эмали.
- 
- Временные зубы больше подвержены кариозному поражению, что связывают с большей порозностью их эмали.

# Внешний вид эмали

Стоматолог должен обращать пристальное внимание на поверхностные характеристики эмали, на признаки патологических и травматических состояний.

- Основной диагностический признак, связанный с видом эмали, — это изменение её цвета, обусловленное *деминерализацией*, кавитацией или чрезмерным износом.

- На эмали также обнаруживаются морфологические дефекты и *трещины*.





# Состав и свойства ротовой жидкости

Слюна состоит из 99,42 % воды и 0,58 % органических и неорганических веществ. Из неорганических веществ в слюне присутствуют кальциевые соли, фосфаты, калиевые и натриевые соединения, хлориды, бикарбонаты, фториды.

**Фосфора** в слюне содержится в 2 раза больше, чем в сыворотке крови (**3,2 ммоль/л или 0,06-0,24 г/л**). В стимулированной слюне фосфора больше.

Содержание **кальция** в слюне — **1,2 ммоль/л (0,04-0,08 г/л)**. Большая часть кальция находится в ионизированном состоянии, меньшая — в соединении с фосфатом или связана с белками.

После прорезывания зуба ротовая жидкость обеспечивает «созревание» структуры эмали и изменение ее состава.

Слюна способствует образованию на поверхности зуба пелликулы, которая в определенной степени препятствует воздействию кислот.

# Некоторые физико-химические свойства слюны

Название	Интервал значений
Объем слюноотделения	1-1,5 л/сутки
Скорость секреции	0,5~2 мл/мин
Вязкость	1,2-2,4 ед.
Плотность	1,002-1,017
Осмотическое давление	1,0-4,6 атм.
РН	6,5-7,5 ед.
Буферная емкость по кислоте по щелочи	8,2 ± 0,5 мэкв/л 47,5 ± 0,05 мэкв/л



# Функции ротовой жидкости

**Минерализующая**

**Антимикробные факторы**

*Неспецифические*

*Специфические*

**Экскреторная функция**

**Пищеварительная функция**

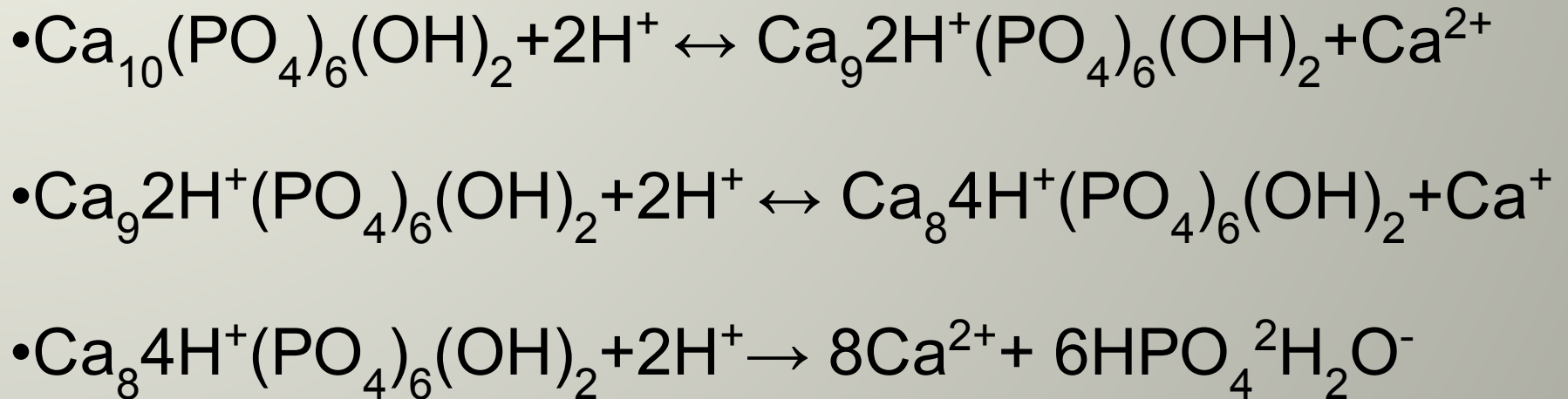
# Деминерализация

Процесс **растворения** эмали при воздействии органических кислот, сопровождающийся изменением формы, размеров и ориентации кристаллов гидроксиапатита. Менее стойки при деминерализации те соединения эмали, которые по химическому составу и строению отличаются от гидроксиапатита.

В начальных стадиях развития кариеса патологический процесс в основном сосредоточен в подповерхностных слоях эмали, что вызывает изменение ее физико-химических свойств. Происходит потеря ионов кальция, фтора, магния, карбонатов, понижается плотность эмали, повышается ее растворимость. Во время обмена ионы фтора до определенного предела могут выходить из эмали без разрушения ее структуры, но при этом снижается величина Ca/P- коэффициента.

**Этот процесс обратим.**

# Механизм растворения гидроксиапатита.



## Определение реминерализации

Реминерализация – это физиологический процесс восстановления безполостных поражений эмали зубов ионами кальция и фосфатов, потенцируемый фторидами, в результате которого обновляются остатки кристаллической решетки эмали в участках, ранее подвергшихся деминерализации.

Адаптировано по Laurence J. Walsh

# Реминерализация

**Частичное восстановление** плотности поврежденной эмали, которое подобно минерализации незрелых зубов.

Отличие состоит в том, что вследствие кариозной атаки каналы диффузии ионов заполнены минералами, поступающими из подповерхностного слоя.

Результатом этого является невозможность проникновения ионов из реминерализационных растворов в глубокие слои эмали, в то время как эти процессы происходят при созревании зубов.

Важная роль в реминерализации эмали отводится препаратам фосфора, которые повышают ионселективные свойства эмали, изменяют ее адсорбционные возможности, благоприятствуют поступлению фторидов в эмаль.

**Резистентность**- сопротивляемость, противостояние, устойчивость. Природная способность организма оставаться невосприимчивым к воздействию патологических и токсических агентов. Резистентность эмали- невосприимчивость эмали зуба к повреждающим факторам.(В.К.Леонтьев)

***Роль эмали зубов и ее свойств в резистентности:***

- Зрелость эмали
- Резерв кальция
- Количество и распределение фторидов
- Полноценность белковой матрицы
- Способность к растворению и реминерализации.

## ***Роль слюны в обеспечении резистентности зубо-челюстной системы.***

- Перенасыщенность слюны компонентами гидроксиапатита
- Объем секреции
- Омываемость зубов слюной
- Вязкость слюны
- Поверхностная активность слюны
- Защитные свойства слюны
- Местная и общая концентрация  $H^+$  ионов (pH)
- Способность к самоочищению

## **Факторы влияющие на формирование резистентности зубов к кариесу.**

- Потребление легкоусвояемых углеводов
- Редукция зубо-челюстной системы
- Привычки и нравы человека, способствующие развитию кариеса
- Дефицит фтора во внешней среде, низкая инсальция, другие факторы.
- Наследственные факторы.



## ***Факторы влияющие на резистентность эмали***

1. Факторы, предотвращающие атаку микроорганизмов.
2. Факторы, уменьшающие результативность микробной атаки.
3. Факторы, укрепляющие структуру.

## ***Практические возможности влияния на резистентность зуба к кариесу.***

- Удаление микробного налёта.
- Химическая модификация зубного налёта.
- Использование фторидов
- Диета.
- Регуляция секреции слюны

**Кариесрезистентность** можно определить как природную структурно-химическую сопротивляемость твердых тканей зуба деминерализации при временных (компенсаторных) нарушениях физиологических параметров гомеостаза в среде эмаль-зубной налёт. (П.А.Леус)

**Кариесогенная ситуация** — это состояние пониженной устойчивости зубных тканей к кариесогенным воздействиям в результате нарушения неспецифической резистентности организма по причине перенесенных или имеющихся соматических заболеваний (Леонтьев В. К.).

Кариесогенная ситуация создается тогда, когда любой кариесогенный фактор или их комплекс, действуют на эмаль зуба, делая ее восприимчивой к действию кислот. Необходимым условием является микрофлора полости рта и наличие углеводов.

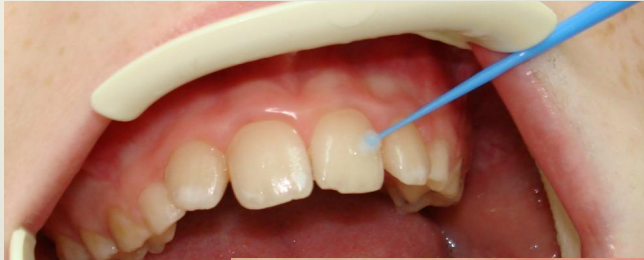
# Местные факторы:

- 1) Наличие зубного налета.
- 2) Нарушение состава и свойств ротовой жидкости.
- 3) Углеводистые пищевые остатки в полости рта.
- 4) Пониженная резистентность зубных тканей.
- 5) Отклонения в биохимическом составе твердых тканей зуба и неполноценная структура тканей зуба.
- 6) Снижение содержания фторидов в питьевой воде и продуктах питания.

# Общие факторы:

- 1) Неполюценная диета и питьевая вода
- 2) Соматические заболевания, сдвиги в функциональном состоянии органов и систем в период формирования и созревания тканей зуба.
- 3) Экстремальные воздействия на организм.
- 4) Наследственность, обуславливающая неполноценность структуры и химический состав тканей зуба.
- 5) Неблагоприятный генетический код.

# Методика определения уровня структурно-функциональной резистентности эмали (Окушко В.Р.) — ТЭР-тест



Очищают и высушивают вестибулярную поверхность центрального резца верхней челюсти и изолируют его от слюны. С помощью брашика по центральной оси зуба на расстоянии 2 мм от режущего края наносят на эмаль каплю 1 — нормальной соляной кислоты, (Д = 1-2 мм), через 1 минуту каплю снимают, зуб промывают в течение 45-60 сек. и высушивают ватным тампоном.

После протравки остается участок, отличающийся от остальной поверхности зуба матовым оттенком. Вестибулярную поверхность зуба окрашивают 1 % водным раствором метилового синего. Затем в течение 1 мин окрашенный участок промывают струей воды несколько выше места протравки. Краситель полностью смывается с эмали, оставляя окрашенным участок протравливания (можно снимать метиленовую синь с поверхности зуба сухим ватным тампоном одним движением, в этом случае время импрегнации кислоты составляет 5 сек)

# Оценки интенсивности окрашивания

*Бледно-голубой цвет эталона* – высокая структурно-функциональная резистентность эмали, пациент относится к 1-й диспансерной группе.

*Голубой цвет эталона* – средняя структурно-функциональная резистентность эмали, 2-я диспансерная группа.

*Синий цвет эталона* – пониженная структурнофункциональная резистентность эмали, 3-я диспансерная группа.

*Интенсивно синий цвет эталона* – обследуемый относится к 4-й диспансерной группе (крайне низкая структурнофункциональная резистентность эмали).

Кроме того, оценка интенсивности окрашивания эмали после проведения ТЭР-теста оценивается и в % (по 10-бальной шкале синего цвета).

- 1) Бледно-голубой цвет – до 30 % – высокая резистентность эмали.
- 2) Голубой цвет – 30-50 % – средняя резистентность эмали.
- 3) Синий цвет – 50-70 % – низкая резистентность эмали.
- 4) Очень интенсивное окрашивание – 70-100 % – очень низкая резистентность эмали.



# Клиническое определение скорости реминерализации эмали (КОСРЭ-тест)

## Оборудование и материалы

- 1) Солянокислый буфер.
- 2) 2 % р-р метиленового синего.

**Методика.** Повторяются все этапы ТЭР-теста. Через 1, 2 и т.д. суток проводят повторное окрашивание 1% р-ром метиленового синего того же участка эмали до утраты способности прокрашиваться.

**Оценка.** Реминерализующая способность слюны определяется в сутках: исчезновение окрашивания через 1-3 суток наблюдается у кариесрезистентных лиц, 4 и более суток — у лиц, подверженных кариесу.

# Особенности полости рта, осложняющие в ней регуляцию КОР

1. Промежуточное положение полости рта между покровными тканями тела и его внутренними органами.
2. Сложный рельеф органов полости рта со значительными индивидуальными различиями. Различная форма и конфигурация коронок зубов, межзубных промежутков, десневого края, спинки языка, складок слизистой оболочки обеспечивают большое количество зон ретенции. Из-за этого скорость ионообменных процессов в разных участках полости рта отличается во много раз.
3. Наличие в полости рта больших по площади пограничных зон взаимодействия между тканями и средами, имеющими разные системы внутренней стабилизации КОР (смешанная слюна, твердые ткани зуба, зубные отложения, участки слизистой оболочки, пища и т.д.).

# Методика построения кривой Стефена

Эмпирические показатели:

$pH_1$  — начальное значение pH;  
 $pH_w$  — минимальное значение pH;  
 $pH_k$  — критическое значение pH (6,0-6,2);

$T_k$  — время падения кривой (длительность катакроты);

$T_A$  — время восстановления исходного значения pH.

Расчетные показатели:

$A = pH_1 - pH_w$  — амплитуда кривой.

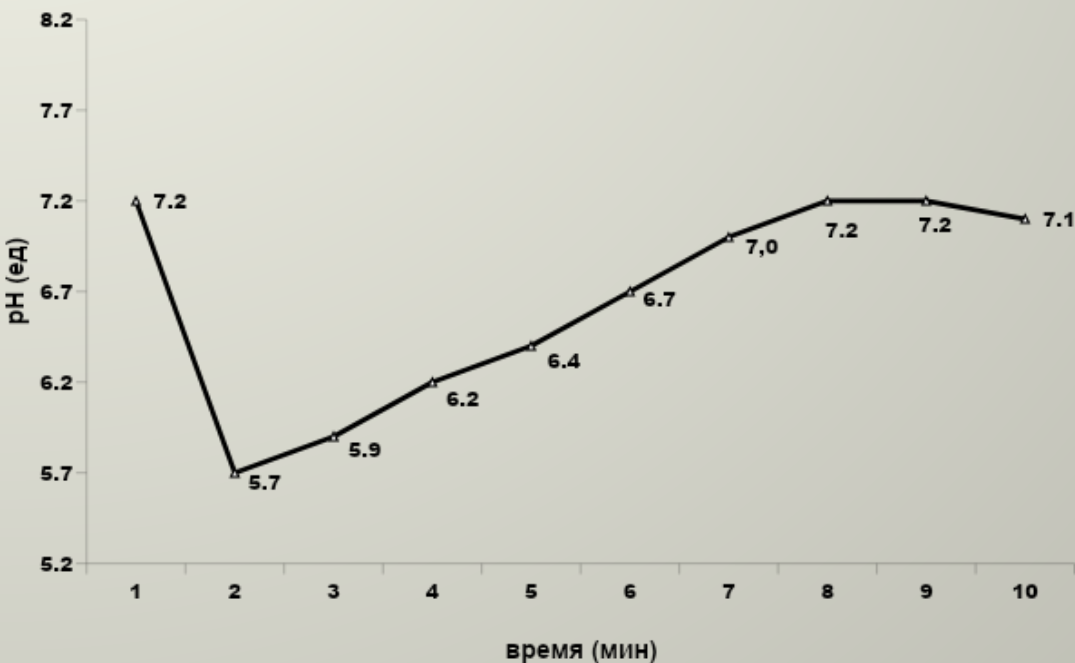
$K_k = A : T_k$  — угловой коэффициент катакроты.

$K_A = A : T_A$  — угловой коэффициент анакроты.

$$S = \frac{(T_A + T_k)(pH_k - pH_w)^2}{2(pH_1 - pH_w)}$$

где  $S$  — интенсивность критического значения pH.

Кривая Стефена, построение



# Метод экспресс-диагностики кариесогенной ситуации в полости рта (ДКС-тест) (В. А. Румянцев, В. К. Леонтьев, А. А. Малышева, 1988)

## Методика ДКС-теста:

1. Исследуемому дают разжевать в течение 40-60 сек кусочек рафинированного быстрорастворимого сахара (5,8 г сахара, ГОСТ 22-78).
2. Исследуемый сплевывает в короткие пробирки (пузырьки) с 2 каплями индикатора 0,5-1 мл смешанной слюны через 4 мин (1-я порция), 7 мин (2-я порция), 10 мин (3-я порция) и 15 мин (4-я порция) после разжевывания сахара. В качестве индикатора используют метиловый красный, изменяющий окраску по границе рН 6,2 ед.
3. Пробирки встряхивают и сравнивают окраску содержимого с двухцветной шкалой (желтый, оранжевый). В случае желтой окраски реакция считается отрицательной, оранжевой — положительной. В случае окраски 1-й или последующих (2,3) порций слюны дальнейшего исследования можно не проводить.
4. Дают заключение по проведенной диагностике кариесогенной ситуации по следующей схеме.

Оранжевая окраска порций слюны в пробирках	Оценка ДКС-теста
1 порция	резко положительная (++++)
2 порция	сильно положительная (++++)
3 порция	положительная (++)
4 порция	слабо положительная (+)
нет оранжевого окрашивания ни в одной из порций	отрицательная (-)



# Спасибо за внимание

