

## **Глубокое фторирование твердых тканей зубов: механизм действия, достоинства и показания к применению в клинической практике**

Бутвиловский А.В., к.м.н., ассистент кафедры стоматологии детского возраста  
Бурак Ж.М., к.м.н., ассистент кафедры стоматологии детского возраста  
Наумович Д.Н., к.м.н., ассистент кафедры стоматологии детского возраста  
Винникова Н.Н., студентка стоматологического факультета  
Кухмар Н.Г., студентка стоматологического факультета

Принятая в настоящее время концепция фторпрофилактики кариеса зубов базируется на сочетании системного и местных источников фторида, поскольку изолированное использование каждого из них является недостаточным.

Так, например, использование фторированной питьевой воды в качестве системного источника фторидов увеличивает концентрацию ионов фтора в слюне до уровня, способного компенсировать дефицит ОН-ионов в тонком слое зубного налета на гладкой поверхности зуба. Однако для компенсации дефицита гидроксильных ионов в более толстых слоях налета (например, на контактных поверхностях зубов), пероральное поступление фтора часто является недостаточным и поэтому, несмотря на проведение эндогенной фторпрофилактики, наблюдается относительно высокая частота проксимального кариеса, особенно у подростков [5].

Для местной фторпрофилактики кариеса зубов широко используются различные лекарственные формы – растворы, гели, пасты, лаки и т.д. Их эффективность варьирует в зависимости от носителя фтора, длительности и кратности применения, концентрации активного фтора, его клиренса и других факторов.

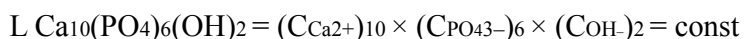
Так, например, использование гелей в течение года позволяет достичь 15-60% редукции прироста кариеса, а применение фторлака два раза в год – около 40% [12].

Таким образом, поиск и широкое клиническое применение новых высокоэффективных препаратов для местной фторпрофилактики сохраняет свою актуальность.

В 70-е годы прошлого века профессор А. Кнаппвост предложил метод глубокого фторирования твердых тканей зубов, но широкое клиническое применение данный способ местной фторпрофилактики получил лишь спустя несколько десятилетий.

Для описания данного метода необходимо рассмотреть некоторые химические аспекты процессов де- и реминерализации, происходящих при начальном кариесе.

Согласно химическому составу гидроксиапатит является солью. Растворимость гидроксиапатита (L) – величина постоянная и может быть описана формулой:

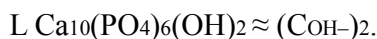


В правой части – произведение концентраций ионов, входящих в состав апатита в соответствующей степени.

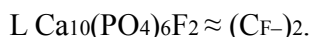
При уменьшении концентраций одного или нескольких ионов в надосадочной жидкости апатит растворяется, то есть происходит деминерализация.

При увеличении концентрации ионов в растворе апатит выпадает в осадок и происходит рост его кристаллов. Так как ротовая жидкость сильно пересыщена ионами  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{PO}_4^{3-}$ , то естественные колебания их концентраций оказывают слабое влияние на скорость де- и реминерализации.

Таким образом, решающее влияние на растворение и кристаллизацию апатита оказывает концентрация гидроксильных ионов, то есть:



Аналогично решающее влияние на растворение и кристаллизацию фторапатита оказывает концентрация ионов фтора:



Под действием кислот, продуцируемых микроорганизмами зубного налета, происходит частичное или полное растворение кристаллов апатита, прикрепленных к кератиновым волокнам эмалевой матрицы. При этом апатит не может выпасть в осадок из-за низкого содержания гидроксильных ионов в зубном налете. В результате под зубной бляшкой образуется зона разрыхления эмали, в которой обнаруживаются узкие воронкообразные дефекты с диаметром входа около 100 Å (ширина 2-х кристаллов апатита), глубиной 10 микрон ( $10^5$  Å).

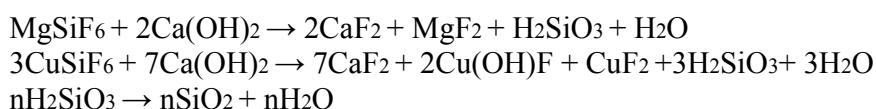
При прогрессировании деминерализации, приводящей к стиранию краев воронок, размер дефект достигает длины средних волн видимого спектра (около 5000 Å) и становится заметен визуально (меловидное пятно). В зоне разрыхления периодически происходят процессы деминерализации и реминерализации вплоть до восстановления эмали при сохранении кератиновых волокон как центров кристаллизации [5].

Установлено, что при концентрации фтора в питьевой воде 0,2-0,3 мг/л, критическое рН реминерализации составляет 5,5 (при более высоких значениях рН происходит – реминерализация, более низких – деминерализация). Однако путем компенсации ионами фтора недостатка гидроксильных ионов можно обеспечить реминерализацию при рН 4,5-5,5.

### **Механизм глубокого фторирования.**

В основе глубокого фторирования лежат химические реакции, происходящие при последовательной обработке твердых тканей зуба раствором фтористых силикатов магния и меди и суспензией высокодисперсного гидроксида кальция, что приводит к образованию фторсиликатного комплекса.

Данный комплекс спонтанно распадается с образованием микрокристаллов фтористого кальция, магния, меди и полимеризованной кремниевой кислоты [5, 14]. В упрощенном варианте протекающие при глубоком фторировании реакции могут быть представлены следующим образом:



Образующиеся нанокристаллы  $\text{CaF}_2$  имеют величину 50 Å, поэтому хорошо проникают в поры эмали диаметром 100 Å [5].

Кристаллы фторидов располагаются на поверхности и в глубине пор эмали в тиксотропном геле кремниевой кислоты, защищающем их от вымывания. Благодаря этому кристаллы, расположенные в глубине пор, остаются в них в течение длительного времени (от полугода до 2 лет) и постоянно выделяют ионы фтора в концентрации, достаточной для реминерализации (в том числе фиссур и контактных поверхностей). При этом образуется фторапатит, что обеспечивает полное восстановление структуры эмали в очаге деминерализации при сохранности кератиновых волокон [5].

В случае же простого фторирования (*по А. Кнаппвосту* – фторирования с использованием фторида натрия и амнофторида [6]) эффект фторида кальция является более кратковременным, так как его кристаллы располагаются только на поверхности эмали (величина кристаллов 10 000 Å в 100 раз больше диаметра входа в дефекты разрыхленной зоны и поэтому быстро удаляются при механических воздействиях (приеме пищи, полоскании, чистке зубов) [4, 5].

Известно, что скорость растворения кристаллов обратно пропорциональна их величине, поэтому малые кристаллы, образующиеся при глубоком фторировании, создают более высокие концентрации ионов фтора.

Так, при глубоком фторировании на поверхности зуба создается концентрация F<sup>-</sup> около 100 мг/л [4]. Поскольку скорость реминерализации пропорциональна квадрату концентрации ионов фтора, то глубокое фторирование в 100 раз больше увеличивает скорость реминерализации по сравнению с другими методами местной фторпрофилактики [4].

При глубоком фторировании также образуется слаборастворимый бледно-голубой щелочной фторид меди Cu(OH)F [5, 14], оказывающий перманентное бактерицидное действие (особенно относительно анаэробов) вследствие того, что ионы меди связывают сульфгидрильные группы белков бактерий.

Кроме того ионы меди, взаимодействуя с сульфидионами, образуют сульфид меди CuS. Это труднорастворимое соединение в присутствии кислорода и Cu<sup>2+</sup> превращается в растворимую соль, что обеспечивает длительную антимикробную активность ионов меди.

Так, по данным Кравчук И.В. [10], жидкость №1 из комплекта “Эмаль-герметизирующего ликвида”, содержащая ионы фтора и меди, вызывает торможение роста колоний микроорганизмов зубного налета, что позволяет рекомендовать его при низком уровне гигиены полости рта.

#### **В настоящее время на рынке представлены следующие препараты для глубокого фторирования:**

1. «Глуфторэд» («ВладМиВа», РФ, *сертифицирован в РФ*).
2. «Эмаль-герметизирующий ликвид», синоним «Тифенфлюорид» («Humanchemie», Германия).
3. «Дентин-герметизирующий ликвид» («Humanchemie», Германия).
4. «Гидроокись меди-кальция» («Humanchemie», Германия).

#### **Показания к применению метода глубокого фторирования:**

1. Профилактика кариеса зубов.
2. Минеральная (неинвазивная) герметизация фиссур.
3. Лечение кариеса зубов (эмали и дентина).
4. Лечение гиперестезии твердых тканей зубов (в том числе функциональной, после препарирования кариозной полости и культи зуба).
5. Лечение маргинальных периодонтитов.

Высокая клиническая эффективность глубокого фторирования для профилактики кариеса зубов показана в работе С. Кнаррвост и соавт. [15], которые установили, что через 4-5 лет после проведения герметизации фиссур 715 постоянных зубов методом глубокого фторирования интактными остались 95,2% из них.

Через 6 месяцев после проведения глубокого фторирования “Эмаль-герметизирующим ликвидом” у детей в возрасте 6-7 лет 95,3% первых постоянных моляров остаются с неизменными фиссурами, а после герметизации фиссур силантом “Fissurit F” сохранность герметика и его выпадение при сохранении интактных фиссур наблюдаются соответственно в 29,2% и 25,0% зубов [1].

По данным И.В. Кравчук [10], применение метода глубокого фторирования для профилактики кариеса фиссур постоянных и временных зубов у детей 6-8 лет позволяет достигнуть 66,9% и

74,6% редукции прироста кариеса за 1,5 года.

Через 18 месяцев после проведения глубокого фторирования эмали временных зубов развитие кариеса происходит в 22,8% случаев, чаще у детей с высокой активностью кариозного процесса (37,7%), при неудовлетворительном гигиеническом состоянии моляров (34,2%) и в молярах с жевательной поверхностью 1-го типа (открытые слабоминерализованные фиссуры, 44,4%) [13].

У детей дошкольного возраста с низкой степенью активности кариеса и хорошим гигиеническим состоянием молочных моляров для профилактики кариеса жевательных поверхностей молочных моляров с фиссурами 2-го и 3-го типов предпочтительно использование аппликационных методов (фторид диамминсеребра, глубокое фторирование, 1% раствор фторида натрия).

Глубокое фторирование жевательной поверхности молочных моляров является более эффективным у дошкольников, чем у детей раннего возраста [13].

Согласно данным Л.В. Козловской, А.И. Яцука [8], прирост интенсивности кариеса за 6 месяцев после аппликации “Эмаль-герметизирующего ликвида” с целью профилактики кариеса зубов у 5-тилетних детей составляет 0,05. Редукция прироста кариеса по индексу КПУЗ за 2 года проведения глубокого фторирования “Эмаль-герметизирующим ликвидом” 1 раз в год курсом из 2-х процедур составляет 57,9 % [3].

Через 6 месяцев после проведения аппликаций препарата «Глуфторэд» у 11-12-тилетних школьников наблюдается повышение кислотоустойчивости эмали, что выражается в достоверном уменьшении значений ТЭР на 37,3% и приводит к достоверному увеличению доли детей с высокой кариесрезистентностью эмали в 3,2 раза [2].

Высокую клиническую эффективность применения глубокого фторирования для лечения кариеса эмали подтверждают исследования Т.Г. Завьяловой [3], в которых было доказано, что применение “Эмаль-герметизирующего ликвида” для лечения начального кариеса достоверно более эффективно, чем использование фторлака “Bifluoride 12”.

Так, полная реминерализация начальных кариозных поражений через 1,5 года после проведения глубокого фторирования курсом из 3-х процедур с интервалом 7-10 дней происходит в 27,3% случаев, тогда как при применении фторлака в виде 2-х курсов (с интервалом полгода) из 3-х процедур через день – в 14,5% случаев.

Переход в поверхностный кариес при следовании вышеназванным схемам лечения наблюдается в 10,0% и 25,0% очагов деминерализации соответственно.

Необходимо отметить, что успех лечения бесполостного кариеса эмали зависит от стадии процесса, определяемой клиническим размером поражения и уровнем проницаемости для красителя.

При проведении глубокого фторирования очаги начального кариеса с низкой степенью проницаемости для красителя (до 30%) и площадью менее 3 мм<sup>2</sup> полностью реминерализуются.

При применении “Эмаль-герметизирующего ликвида” и “Bifluoride 12” в очагах с высокой степенью проницаемости для красителя (более 50%) и площадью более 5,5 мм<sup>2</sup> переход в поверхностный кариес наблюдается соответственно в 30,6% и 93,6% случаев. Это позволяет рекомендовать глубокое фторирование как эффективный метод терапии начальных кариозных поражений [3].

Проведение глубокого фторирования возможно и при лечении кариеса дентина, что обусловлено герметизацией канальцев дентина и отсутствием влияния на адгезию пломбировочных материалов.

Проведение глубокого фторирования дентина во время лечения кариеса перед постановкой пломб из композиционных материалов достоверно снижает частоту развития вторичного кариеса

примерно в 2 раза. Одним из механизмов этого явления является отсутствие краевой проницаемости пломб [11].

Применение “Дентин-герметизирующего ликвида” каждые 3 месяца курсом из двух процедур с интервалом 2-9 дней при лечении кариеса дентина временных зубов у неадаптированных к инвазивному вмешательству детей с высоким и очень высоким уровнем активности кариеса позволяет стабилизировать кариозный процесс, избежать осложнений и запломбировать дефекты, когда появится эта возможность [9].

Методом электронной микроскопии установлено, что при нанесении “Дентин-герметизирующего ликвида” на стенки кариозной полости перед пломбированием он проникает в дентинные трубочки на глубину 8-10 мкм, обеспечивая их герметизацию. Наносимый затем адгезив занимает центральную часть просвета дентинной трубочки, а ликвид выстилает остальное пространство. Установлено, что однократное проведение глубокого фторирования во время лечения кариеса не влияет на эффективность пломбирования и, как следствие, срок службы пломб [11].

Глубокое фторирование характеризуется пролонгированным кариесстатическим и реминерализующим эффектом. Длительный кариесстатический эффект глубокого фторирования подтверждается отсутствием увеличения кариозных полостей в размерах при применении «Дентин-герметизирующего ликвида» для стабилизации кариеса дентина 854-х временных зубов [9].

Экономичность глубокого фторирования связана с относительно невысокой стоимостью применяемых для его проведения препаратов, их малым расходом в расчете на один зуб и сокращением временных затрат. Так, на проведение глубокого фторирования “Эмаль-герметизирующим ликвидом” одного зуба необходимо 3,25 минуты, а на неинвазивную герметизацию силантом “Fissurit F” – 6,33 минуты [1].

При глубоком фторировании происходит герметизация микротрещин эмали и цемента, что подтверждено электронно-микроскопическими исследованиями, в ходе которых выявлены изменения состояния эмали и обнаружены поры в ней, полностью заполненные ликвидом [11].

В некоторых источниках литературы [12] ранее упоминалось о возможном окрашивании эмали в голубой цвет (особенно при отсутствии этапа удаления избытка жидкости) как о недостатке метода глубокого фторирования. Однако в 2008 году появились данные о том, что тщательное соблюдение методики позволяет избежать изменения цвета тканей зуба [9].

Глубокое фторирование не оказывает токсического действия благодаря последующему нанесению гидроксида кальция, содержащейся в жидкости №2 [7].

Таким образом, глубокое фторирование твердых тканей зубов является эффективным методом профилактики и лечения кариеса зубов, перспективным для широкого применения в клинической стоматологической практике.

#### Литература:

1. Адамчик Ю. А. Сравнительная эффективность глубокого фторирования и герметизации фиссур первых постоянных моляров / Ю. А. Адамчик, А. А. Варно // Актуальные проблемы современной медицины 2005: материалы междунар. научн. конф. студентов и молодых ученых. – Минск. 2005. – С. 5-7.
2. Динамика кислотоустойчивости эмали зубов в ходе проведения глубокого фторирования / А.В. Бутвиловский [и др.] // Достижения современной биологии, химии и медицины: сборник научных трудов участников республиканской конференции “Достижения современной биологии, химии и медицины”, посвященной 100-летию со дня рождения В.А. Бандарина. – Мн.: Белнауча, 2009. – С. 15-17.
3. Завьялова Т. Г. Профилактика и лечение кариеса в стадии белого пятна методом глубокого фторирования: автореф. дисс. . . . канд. мед. наук: 14.00.21/ Т.Г. Завьялова; ЦНИИ стомат. МЗ РФ. – М. 2003. – 23 с.
4. Кнаппвост А. Глубокое фторирование / А. Кнаппвост // Полезная информация [Электронный ресурс]. – 2004. – Режим доступа: <http://www.stom5.ru/info-1.htm>. – Дата доступа 5.10.2009.
5. Кнаппвост А. Мифы и достоверные факты о роли фтора в профилактике кариеса. Глубокое фторирование / А. Кнаппвост // Стоматология

для всех. – 2001. №3. – С. 38-42.

6. Кнаппвост А. Молочные зубы и их лечение / А. Кнаппвост // Институт стома-тологии. – 2001. №3. – С. 22-23.

7. Кнаппвост А. Постоянная защита пульпы от дентинного кариеса нанофтори-дами при глубоком фторировании дентин-герметизирующим ликвидом / А. Кнаппвост // Стоматолог. – 2004. №1. – С.11-12.

8. Козловская Л. В. Клиническая эффективность профилактики кариеса зубов у детей методом глубокого фторирования / Л. В. Козловская, А. И. Яцук // Организация, профилактика и новые технологии в стоматологии: Материалы 5-го съезда стоматологов Беларуси. – Брест, 2004. – С. 63-64.

9. Корчагина В.В. Лечение кариеса у детей раннего возраста / В.В. Корчагина – М.: МЕДпресс-информ, 2008. – С. 62-64.

10. Кравчук И.В. Клинико-лабораторное обоснование выбора метода герметиза-ции фиссур постоянных и временных зубов у детей / И.В.Кравчук // Автореф. дис... канд. мед. наук: 14.00.21 БелМАПО. – Минск. 2005. – 16 с.

11. Москалева И.В. Профилактика вторичного кариеса контактных поверхностей зубов методом глубокого фторирования / И.В. Москалева // Автореф. дис... канд. мед. наук: 14.00.21. – Тверь. 2005. – 15 с.

12. Терехова Т. Н. Профилактика стоматологических заболеваний: Учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений по специальности «Стоматология» / Т. Н. Терехова, Т. В. Попруженко. – Мн.: Беларусь. 2004. – 526 с.

13. Фурсик Д.И. Сравнительная эффективность различных методов профилакти-ки кариеса жевательной поверхности молочных моляров у детей в возрасте 1-5 лет: авто-реф. дисс... канд. мед. наук: 14.00.21/ Д.И. Фурсик; Волгогр. Гос. Мед. Университет. – В. 2005. – 23 с.

14. Чуев В.П. Глуфторэд первый отечественный материал для глубокого фтори-рования эмали и дентина / В.П. Чуев, В.Ф. Посохова // Медицинский обозреватель [Элек-тронный ресурс]. – 2003. – Режим доступа: <http://www.mfc.nnov.ru/articles.shtml?articles/2003/05/art17.inc>. – Дата доступа 5.10.2009.

15. Knappwost C. Nichtinvasive mineralische fissurenversiegelung durch Cu-dotierte tie-fenfluoridierung / C. Knappwost, R. Lehmann, H. Trondle // ZMK. – 1999. – Vol. 1-2.- P. 6-10.