

Фториды в слюне при потреблении поваренной соли, содержащей 150, 250 и 350 мгF/ кг

Белорусский государственный медицинский университет

Изучена экспозиция фторида в ротовой жидкости взрослых добровольцев, использовавших в домашней кухне соль с содержанием фторида [F]=8мг/кг (обычная соль), 150, 250 и 350 мг/кг (F-соль). Определено, что базовый уровень [F] в ротовой жидкости повышается с ростом [F] в соли: [F8] = 0,07мг/л, [F150] = 0,09 мг/л, [F250] = 0,15 мг/л, [F350] = 0,17мг/л. Потребление F-соли позволяет предотвратить падение [F] в слюне ниже исходного уровня, отмеченное при фтордефиците в течение 5-15 мин после приема пищи, а также в 2-4 раза повысить пиковые величины [F] в ротовой жидкости, зарегистрированные на 1-5 и 20-30 минутах-до уровней 0,13-0,28 мгF/л. Суточный профиль орального клиренса фторидов при постоянном применении F-соли аналогичен таковому при многократном применении внутрь препаратов фторида. Ключевые слова: слюна, фторированная соль, оральный клиренс фторида

Большинство исследователей в настоящее время согласны в том, что основой профилактической активности фторсодержащих препаратов/продуктов являются их местные эффекты – противодействие растворению и поддержка восстановления апатитов эмали после минимальных повреждений, обусловленных снижением рН в среде, окружающей зуб [7]. Поэтому изучение динамики содержания фторида ([F]) после применения фторсодержащих продуктов сегодня рассматривают как ценный метод для исследования *in vivo* их потенциальной противокариозной активности [4].

Как следует из теории, экспозиция фторидов в ротовой жидкости находится под влиянием трех групп факторов: а) параметров слюнного клиренса фторидов из препарата (зависит от скорости и длительности высвобождения фторидов из препарата, растворимости соединений фтора, их сорбции оральными тканями и средами, скорости базовой и стимулированной саливации, количества остаточной слюны); б) характера рециркуляции фторидов со слюной после резорбции фторидов (зависит от дозы фторидов и их биодоступности, возрастных особенностей распределения фторидов в организме, скорости саливации); в) частоты применения/потребления фторидов [8]. Концепция получила фактическое наполнение в приложении к большинству средств для местной фторпрофилактики кариеса (зубных паст, лаков, ополаскивателей, адгезивных носителей, стеклоиономерных цементов, а также фторсодержащих таблеток, растворов и молока [5].

Использование в качестве носителя фторида поваренной соли¹ имеет ряд особенностей, которые, как представляется, могут повлиять на характер слюнного клиренса фторидов и их рециркуляции. Так, фторид из поваренной соли поступает в полость рта и далее в желудочно-кишечный тракт в составе различных продуктов (соединений), что может изменить его биодоступность. Клиренс фторида из продуктов и его экскреция со слюной в этом случае протекают в условиях стимулированного приемом пищи слюноотделения, что, вероятно, может сказаться на [F] в слюне в критический для эмали период падения рН в

среде, окружающей зуб. Доза фторида при его потреблении с солью варьирует в зависимости от [F] в соли, солености пищи, ее количества и частоты потребления, что в свою очередь зависит от культурных традиций, групповых и индивидуальных особенностей потребителя [10]. Однако в доступной нам литературе имеется лишь несколько работ, освещающих отдельные аспекты экспозиции фторида в ротовой жидкости в связи с применением фторсодержащей соли (F-соли). Сообщают о повышении [F] в слюне покоя взрослых, потреблявших F-соль в течение месяца [12], и детей, потреблявших F-соль в течение нескольких лет с рационом ДДУ [1,2]. Сведения о динамике [F] в слюне после приема пищи, приготовленной с F-солью, доступны только из трех источников: Vjornstrom H. с соавт. сообщили о повышении [F] в слюне покоя у 11 подростков после получасового жевания воздушной кукурузы [3], в 2001г. Macpherson L.M.D. и соавт. описали рост [F] в слюне 11 добровольцев в течение 20 минут после однократного потребления отдельных традиционных шотландских блюд [9]; в 2006г. Hedman J. и соавт. провели часовое исследование [F] в слюне 10 детей после экспериментального полного обеда (дети проживали в зоне с оптимальным [F] в воде [6]).

Целью исследования стало изучение динамики [F] в ротовой жидкости после потребления блюд домашнего рациона, приготовленных с солью, содержащей 8, 150, 250 и 350 мгF/кг.

Материал и методы

Для проведения исследования использована обычная соль и соль с различным содержанием фторидов-150, 250 и 350 мгF/кг (добавки фторида к соли производились исследователем в сотрудничестве с ООО «Мозырьсоль»; содержание фторида в соли проверяли электрохимическим методом).

В исследовании приняли участие 8 взрослых здоровых добровольцев (5 женщин и 3 мужчин из трех семей), в возрасте от 19 до 55 лет, проживающих в г. Минске ([F] в воде 0,2 мгF/л). Добровольцы в течение четырех последовательных двухнедельных периодов использовали для приготовления домашней пищи разные виды соли: в первой серии – обычную соль ([F]=8мг/кг), во второй серии – соль с [F]=150мг/кг, в третьей – соль с [F]=250мг/кг, в четвертой-соль с [F]=350мг/кг.

В конце каждого периода проводили контролируемый сбор слюны. Исследованию подлежали порции ротовой жидкости, собранные в мерные пробирки в течение двух минут. Вначале все добровольцы собирали слюну до приема пищи. Затем каждый участник получал обед, включавший два приготовленных с домашней солью блюда (кроме рыбных) и напитков (кроме чая и минеральной воды); во время приема пищи образцы слюны не собирали, но отмечали продолжительность обеда. Следующие порции слюны собирали, начиная с первой минуты после завершения приема пищи; интервалы между стартами сбора порций составляли 5 минут; всего после приема пищи собирали по 13 порций. Один доброволец собирал порции слюны для мониторинга [F] в течение полного дня при четырехкратном приеме пищи, приготовленной с использованием домашней соли без добавок фторида (72 порции слюны), а также с солью, содержащей [F]=250 мг/кг и [F]= 350 мг/кг (по 32 порции слюны).

Измеряли объем каждой порции ротовой жидкости, затем отбирали из порций образцы объемом 2 мл и замораживали их при $t = -18^{\circ}\text{C}$. Содержание фторида в

каждом образце слюны определяли электрохимическим методом. Статистический анализ проводили методами вариационной статистики с использованием критерия Стьюдента *t*.

Результаты и обсуждение

Средние уровни концентрации фторида ($M \pm SD$) в порциях ротовой жидкости, собранных до и после приема пищи, приведены в таблице и отображены на рисунке 1.

Таблица

Содержание фторида в слюне после потребления пищи, приготовленной с обычной (8 мгF/кг) и фторсодержащей (150, 250 или 350 мгF/кг) поваренной солью

Начало сбора слюны (мин. до и после приема пищи)	[F] в ротовой жидкости (мг/л, $M \pm SD$) в связи с приемом пищи, приготовленной с домашней солью, содержащей			
	8 мгF/кг	150 мгF/кг	250 мгF/кг	350 мгF/кг
-15	0,071±0,001	0,091±0,002	0,145±0,006	0,170±0,007
1	0,077±0,002	0,138±0,003	0,213±0,004	0,278±0,005
5	0,065±0,001	0,115±0,002	0,201±0,002	0,176±0,012
10	0,065±0,003	0,098±0,005	0,151±0,002	0,172±0,014
15	0,069±0,006	0,109±0,007	0,156±0,002	0,192±0,010
20	0,072±0,015	0,132±0,011	0,175±0,022	0,215±0,025
25	0,081±0,012	0,118±0,010	0,162±0,012	0,188±0,030
30	0,065±0,005	0,100±0,004	0,155±0,008	0,198±0,022
35	0,073±0,003	0,100±0,002	0,156±0,005	0,224±0,011
40	0,075±0,003	0,098±0,002	0,153±0,004	0,222±0,012
45	0,075±0,003	0,093±0,002	0,145±0,003	0,179±0,009
50	0,075±0,003	0,093±0,001	0,142±0,004	0,176±0,009
55	0,068±0,001	0,092±0,005	0,141±0,006	0,172±0,007
60	0,067±0,005	0,093±0,002	0,141±0,004	0,172±0,009

Содержание фторида в ротовой жидкости, собранной до приема пищи, составляло при потреблении обычной соли $[F8] = 0,071 \pm 0,001$ мг/л, при потреблении соли, содержащей 150 мгF/кг – $[F150] = 0,091 \pm 0,002$ мг/л, соли с 250 мгF/кг – $[F250] = 0,145 \pm 0,006$ мг/л, соли с 350 мгF/кг – $[F350] = 0,170 \pm 0,007$ мг/л ($t_{8-150} = 10$, $p_{8-150} < 0,001$; $t_{150-250} = 9$; $p_{150-250} < 0,001$; $t_{250-350} = 2,80$, $p_{250-350} < 0,05$).

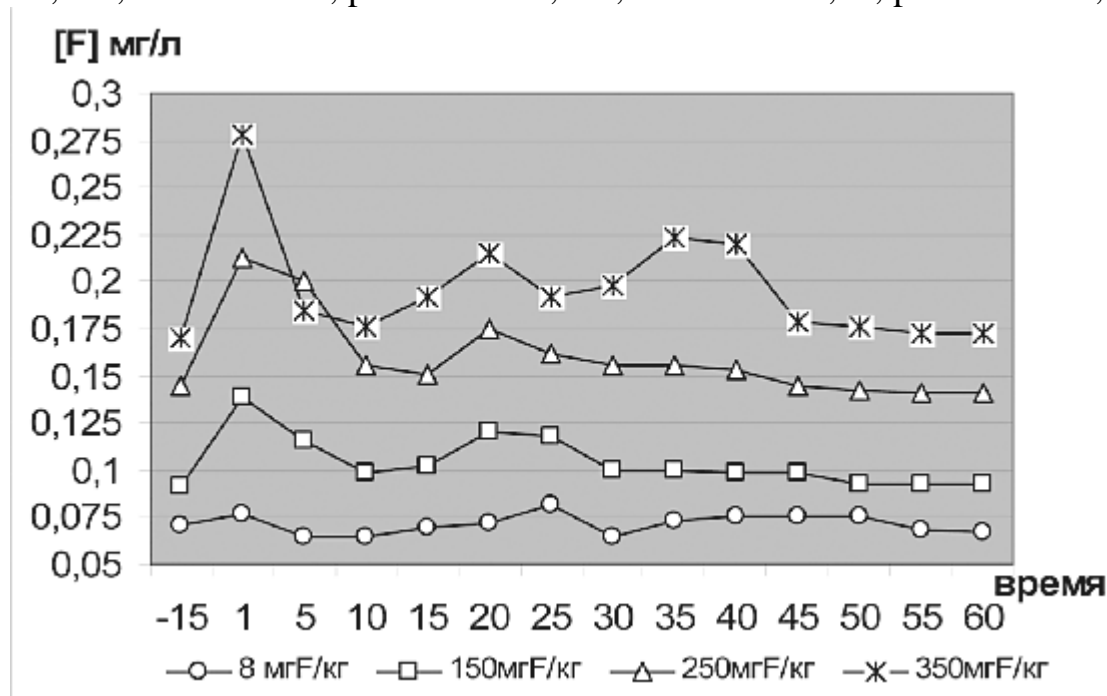


Рис. 1. Содержание фторидов в ротовой жидкости до и в течение часа после обеда у лиц, потреблявших соль с различным содержанием фторидов.

Продолжительность приема пищи составила в среднем $18,52 \pm 3,72$ мин.

В порциях, собранных на 1-2 и 5-6 минутах после приема пищи, содержание фторида составило $[F8]=0,077 \pm 0,002$ мг/л, $[F150]=0,138 \pm 0,003$, $[F250]=0,213 \pm 0,004$ и $[F350]=0,2780,005$ мг/л ($t_{8-150}=20,3$, $p_{8-150}<0,001$; $t_{150-250}=15$; $p_{150-250}<0,001$; $t_{250-350}=10,1$; $p_{250-350}<0,001$). Содержание фторида в это время было достоверно выше исходного во всех случаях (для первой серии $t=3,0$, $p<0,05$, для второй – $t=11,75$, $p<0,001$, для третьей – $t=9,71$, $p<0,001$, для четвертой – $t=13,5$, $p<0,001$). Таким образом, пребывание пищи, обогащенной фторидами, обеспечивало содержание фторида в оральной среде на уровне 0,1-0,2 мг/л во время обеда и еще течение 1-5 минут после него.

Затем во всех случаях наблюдалось снижение содержания фторида в ротовой жидкости, продолжавшееся в первой серии до 20 минуты (минимум $[F8]=0,065 \pm 0,001$ мг/л), в остальных сериях – до 15 минуты ($[F150]=0,098 \pm 0,005$, $[F250]=0,151 \pm 0,002$, $[F350]=0,166 \pm 0,014$ мг/л; $t_{8-150}=6,6$, $p_{8-150}<0,001$; $t_{150-250}=10,6$; $p_{150-250}<0,001$; $t_{250-350}=0,5$; $p_{250-350}>0,5$).

Второй пик содержания фторида в ротовой жидкости наблюдался на 25 минуте в первой серии ($[F8]=0,081 \pm 0,012$ мг/л) и на 20 минуте после завершения обеда в остальных сериях: $[F150]=0,132 \pm 0,011$ мг/л, $[F250]=0,175 \pm 0,022$, $[F350]=0,215 \pm 0,025$ мг/л ($t_{8-150}=2,5$, $p_{8-150}<0,5$; $t_{8-250}=4,7$, $p_{8-250}<0,001$; $t_{150-250}=2,1$, $p_{150-250}>0,5$; $t_{8-350}=4,5$, $p_{8-350}<0,01$; $t_{250-350}=1,3$, $p_{250-350}>0,5$).

После второго пика содержание фторида в ротовой жидкости в первой, второй и третьей сериях снижалось и к 45 минуте стабилизировалось на отметках, близких к исходным: $[F8]=0,075 \pm 0,003$ мг/л, $[F150]=0,093 \pm 0,002$, $[F250]=0,145 \pm 0,003$ мг/л ($t_{8-150}=4,5$, $p_{8-150}<0,01$; $t_{150-250}=3,1$, $p_{150-250}<0,001$). В четвертой серии повышенный уровень содержания фторидов ($[F350]=0,222 \pm 0,012$ мг/л) в ротовой жидкости сохранялся до 40й минуты, а к 60 минуте приближался к исходному уровню и составлял $[F350]=0,172 \pm 0,009$ мг/л ($t_{250-350}=3,1$, $p_{250-350}<0,5$; $t_{150-350}=10,8$, $p_{150-350}<0,001$).

На рисунке 2 приведен график, отражающий динамику содержания фторида в ротовой жидкости в течение дня при потреблении соли с $[F]=8, 250$ и 350 мF/кг на примере добровольца с высокой скоростью слюноотделения.

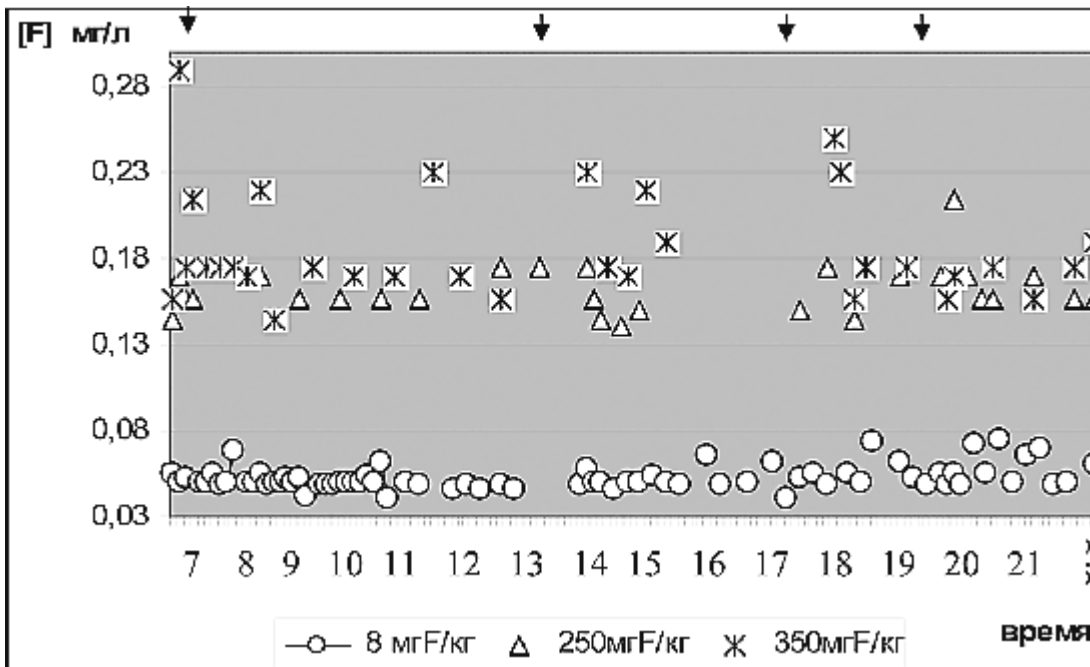


Рис. 2. Фториды в ротовой жидкости в течение дня (от 7.00 до 22.00) при приеме пищи (İ), приготовленной с применением обычной и фторированной соли.

Среднесуточные уровни содержания фторида в ротовой жидкости составили соответственно $[F8] = 0,051 \pm 0,007$ мг/л, $[F250] = 0,163 \pm 0,018$ и $[F350] = 0,186 \pm 0,035$ мг/л ($t_{8-250} = 5,6$; $p_{8-250} < 0,001$; $t_{8-350} = 3,75$; $p_{8-350} < 0,01$; $t_{250-350} = 0,57$; $p_{250-350} > 0,5$).

В литературе описано несколько алгоритмов слюнного клиренса фторидов, поступающих в полость рта из различных профилактических продуктов. Так, применение средств для местной фторпрофилактики обуславливает однофазный клиренс фторида: в течение нескольких минут после применения препарата $[F]$ в ротовой жидкости в 100-1000 раз превышает исходный уровень, затем в течение получаса резко снижается и через 60-120 минут приближается к норме [11]. Второй алгоритм слюнного клиренса, описанный на основании изучения состава паротидной слюны, характерен для системных фторпрепаратов (классических таблеток, растворов): $[F]$ в слюне нарастает пропорционально дозе поглощенного фторида параллельно с повышением $[F]$ в плазме, достигает пика через 20-30 минут после приема препарата и нормализуется к исходу первого часа [5]. Слюнной клиренс фторидов, поступивших в составе блюд, приготовленных с F-солью, во всех трех известных работах, посвященной этой теме, описан как однофазный (пик $[F]$ сразу после еды), что, вероятно, объясняется ограничениями дизайна исследований: Macpherson и сотр. собирали слюну на протяжении только 20 минут после приема пищи [9], Hedman и сотр. делали выводы на материале, собранном 10, 30 и 180 минутах после приема пищи [6], в работе Vjornstrom добровольцы жевали воздушную кукурузу, приготовленную с фторированной солью, в течение 30 минут, а образцы слюны собирали на 30, 60 и 120 минутах от начала исследования [3]. Результаты нашей работы показывают, что слюнной клиренс фторидов из фторированной соли протекает по алгоритму, отличному от выше описанных и имеет двухфазный характер: первый пик в связи с пребыванием пищи в полости рта @ снижение $[F]$, обусловленное выведением фторида из полости рта стимулированной слюной @ второй пик $[F]$,

соответствующий пику [F] в плазме ® снижение к исходному уровню на 40-60 минутах.

Приведенные в литературе максимальные уровни [F] в ротовой жидкости, обусловленные применением фторированной соли, лежат в диапазоне от 0,25-0,44 мгF/л (после завтраки с солью с 250 и 350 мгF/кг, [9]) до 6 мгF/л (после полчасового потребления воздушной кукурузы с солью, содержащей 250 мгF/кг, [3]). В нашем исследовании средние уровни первого пика [F] в слюне зависели от содержания фторида в соли и варьировали от 0,14 (при 150 мгF/кг) до 0,28 мгF/л (при 350 мгF/кг), средние уровни второго пика – от 0,12 до 0,22 мгF/л, что в 2-4 раза превышало естественные уровни фторида в аналогичные периоды сбора слюны. В период между пиками [F] в слюне падал ниже исходного уровня в случае применения обычной соли, но не переходил эту черту во всех случаях применения F-соли. Важно отметить, что на фоне F-соли минимальные уровни [F] в слюне был достоверно выше, чем исходные и даже пиковые показатели [F] на фоне обычной соли.

Потребление F-соли со всеми блюдами суточного рациона обеспечивает повышение базового уровня [F] в слюне до 0,09 мгF/л (при 150 мгF/кг в соли)-0,17 мгF/л (при 350 мгF/кг в соли), что выше показателей, полученных в условиях групповой профилактики кариеса у детей промышленной F-солью (0,04 [2]-0,07 мгF/л [1]), но ниже, чем у взрослых, потреблявших ежедневно по 4 г соли с [F]=250 мг/кг (0,36 мгF/л, [12]).

Выводы

1. Суточный профиль орального клиренса фторидов при постоянном применении F-соли напоминает таковой, описанный при экспериментальном многократном применении внутрь препаратов фторида [5]: и в том, и в другом случае в оральной среде обеспечивается постоянно повышенное, с периодически повторяющимися всплесками содержание фторида.
2. Одним из преимуществ применения F-соли представляется сопряженность периодов поступления фторида с приемами пищи, что переводит график двухфазного слюнного клиренса фторида на более высокий уровень – уровень, на котором, как следует из теории, риск растворения апатитов, растущий с падением рН и снижением [F] в стимулированной слюне, может быть сокращен, а условия для рекристаллизации улучшены.

Литература

1. Терехова Т.Н. Некоторые параметры слюны при фторпрофилактике кариеса зубов / Современная стоматология. – 2000. – №1. – С.23-24.
2. Шаковец Н.В. Использование природной питьевой воды “Протера” в качестве кариеспрофилактического средства // Курортные факторы и здоровье человека: Материалы конф. – Минск, 2002. – С.184-185.
3. Bjornstrom H., Navi S., Simic D., Sjostrom I., Twetman S. Fluoride levels in saliva and dental plaque after consumption of snacks prepared with fluoridated salt / Eur. J. Pediatr. Dent.-2004. – Vol.5.-N 1. – P. 41-45.
4. Duckworth R.M., Morgan S.N., Gilbert R.J. Oral fluoride measurement for estimation of the anti-caries efficacy of fluoride treatment / J Dent Res. – 1992.-Vol. 71.-Spec N.-P. 836-40.

5. Fejerskov O., Ekstrand J., Burt B. A., eds. Fluoride in dentistry. Copenhagen: Munksgaard, 1996.
 6. Hedman J., Sjomana R., Sjoström I. Fluoride concentration in saliva after consumption of a dinner meal prepared with fluoridated salt / Caries Res.-2006. – Vol. 40.-- N 2.-- P.158-162.
 7. Hicks J, Garcia-Godoy F., Flaitz C. Biological factors in dental caries enamel structure and the caries process in the dynamic process of demineralization and remineralization / J. Clin. Pediatr. Dent. – 2004. – Vol. 28. – N. 2.-119-124.
 8. Lagerlof F., Oliveby A., Ekstrand J. Physiological Factors Influencing Salivary Clearance of Sugar and Fluoride / J. Dent. Res.-1987.-Vol. 66.-N 2.-P. 430-435.
 9. Macpherson L.M., Stephen K.W. The effect on human salivary fluoride concentration of consuming fluoridated salt-containing baked food item / Arch Oral Biol.-2001. – Vol.46. – N 10. – P. 983-988.
 10. Marthaler T.M., Pollak G.W. Salt fluoridation in Central and Eastern Europe / Schweiz. Monatsschr. Zahnmed.-2005. – Vol.115. – N 8. – P.670-674.
 11. Shannon I.L., Edmonds E.J. Fluoride level in human parotid saliva following ingestion of fluoride compound of varying solubility / J. Dent. Res. – 1977.-Vol. 56.-N 12.-P. 1521-1525.
 12. Toth Z., Ginter Z., Banoczy I. The effect of ingested fluoride administered in salt, milk and tablets on salivary and urinary fluoride concentration / Fluoride. – 2005. – Vol. 38.-N 3.-P.199-204.
-

1 Поваренная соль, содержащая [F]=250±100 мг/кг, рекомендована населению Беларуси Республиканской Программой профилактики кариеса зубов.