

УДК 616.316-008.8

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ СЛЮНЫ КАК МИНЕРАЛИЗИРУЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

Дзарасова М.А., Неёлова О.В.

ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова», Владикавказ, e-mail: dzarasova.madina777@yandex.ru, o.neelova2011@yandex.ru

Рассмотрены физико-химические свойства слюны человека, представляющей собой сложную биологическую жидкость, вырабатываемую специальными железами и выделяемую в полость рта. Показано, что слюна содержит три основных буферных систем и выполняет многообразные функции. Химический состав слюны подвержен суточным колебаниям. Приведено содержание основных неорганических компонентов в смешанной нестимулированной слюне и для сравнения в плазме крови. Показано, что слюна является минерализирующей жидкостью, она перенасыщена ионами кальция и фосфат-ионами и служит источником поступления этих ионов в эмаль зуба. Слюна влияет на физические и химические свойства эмали зуба, в том числе на резистентность к кариесу. Специфические свойства и функции слюны объясняются тем, что она является коллоидной системой и имеет мицеллярное строение, состоит из устойчивых белково-минеральных частиц – мицелл. Представления о мицеллярном строении слюны позволяют объяснить механизмы поддержания и нарушения гомеостаза в системе эмаль зубов – слюна, возникновения кариеса зубов и образования зубного камня.

Ключевые слова: смешанная слюна, физико-химические свойства, минерализирующая жидкость, мицеллярное строение, кариес зубов

THE SPECIFIC PROPERTIES AND FUNCTIONS OF SALIVA AS MINERALIZING FLUID

Dzarasova M.A., Neyolova O.V.

Federal State Budgetary Educational University of Higher Education
North Ossetian State University named after Kosta Levanovich Khetagurov, Vladikavkaz,
e-mail: dzarasova.madina777@yandex.ru, o.neelova2011@yandex.ru

The physico-chemical properties of human saliva, which is a complex biological fluid produced by special glands and secreted into the oral cavity, are considered. It is shown that saliva contains three main buffer systems and performs a variety of functions. The chemical composition of saliva is subject to daily fluctuations. The content of basic inorganic components in mixed unstimulated saliva and for comparison in blood plasma is given. It is shown that saliva is a mineralizing liquid, it is supersaturated with calcium ions and phosphate ions and serves as a source of these ions entering the tooth enamel. Saliva affects the physical and chemical properties of the tooth enamel, including resistance to caries. Specific properties and functions of saliva are explained by the fact that it is a colloidal system and has a micellar structure, consists of stable protein-mineral particles – micelles. Representations of the micellar structure of saliva make it possible to explain the mechanisms of maintenance and disturbance of homeostasis in the enamel system of teeth – saliva, the formation of dental caries and the formation of calculus.

Keywords: mixed saliva, physico-chemical properties, mineralizing liquid, micellar structure, dental caries

Слюна (saliva) – секрет слюнных желез, выделяющийся в полость рта. В полости рта находится биологическая жидкость, называемая ротовой жидкостью или «смешанной слюной». Смешанная слюна, кроме секрета слюнных желез, содержит клетки эпителия, лейкоциты, микроорганизмы, остатки пищи и обеспечивает нормальное функциональное состояние зубов и слизистой оболочки рта [5].

Количество и состав слюны человека изменяется в широких пределах и зависит от многих факторов: времени суток, принятой пищи, возраста человека, состояния центральной и вегетативной нервной системы, наличия заболеваний. Слюна выполняет ряд важных функций: пищеварительную, минерализующую, защитную, регулятор-

ную и выделительную. За сутки выделяется от 0,5 до 2,2 л смешанной слюны.

Смешанная слюна состоит из 98,5-99,5% воды и сухого остатка 0,5-1,5%. Уникальные свойства и функции слюны определяются наличием в ней минеральных (1/3 часть) и органических компонентов (2/3 части сухого остатка) [3]. Слюна представляет собой вязкую слегка опалесцирующую мутноватую жидкость с плотностью 1,001-1,017 г/мл. Вязкость слюны равна 1,2 – 2,4 пуаз и зависит от содержания муцина, представляющего собой высокополимеризованный гликопротеин. Вязкость слюны определяет ее поверхностные свойства и позволяет ей образовывать защитные пленки на поверхности слизистой оболочки полости рта и на эмали зубов (пелликулу).

Осмотическое давление слюны составляет от $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{4}$ осмотического давления крови (50-270 мОсмор/л).

Величина pH смешанной слюны является важнейшим показателем гомеостаза органов полости рта и в норме составляет 6,4 – 7,8 [4]. Колебания pH слюны зависят от гигиенического состояния полости рта, характера пищи, скорости секреции. При низкой скорости секреции pH слюны сдвигается в кислую сторону, при стимуляции слюноотделения – в щелочную.

Смешанная слюна содержит три буферных системы: гидрокарбонатную, фосфатную и белковую. Вместе эти буферные системы формируют первую линию защиты против кислотных или щелочных воздействий на ткани полости рта. Все буферные системы полости рта имеют различные пределы ёмкости: фосфатная наиболее активна при pH 6,8-7,0, гидрокарбонатная при pH 6,1-6,3, а белковая обеспечивает буферную ёмкость при различных значениях pH. Высокая буферная ёмкость слюны относится к числу факторов, повышающих резистентность зубов к кариесу.

Химический состав слюны подвержен суточным колебаниям. Скорость слюноотделения колеблется в широких пределах (0,03-2,4 мл/мин) и зависит от ряда факторов. Во время сна скорость секреции снижается до 0,05 мл/мин, утром возрастает в несколько раз и достигает верхнего предела в 12-14 часов, к 18 часам она снижается. У людей с низкой секреторной активностью значительно чаще развивается кариес, поэтому уменьшение количества слюны в ночное время способствует проявлению действия кариесогенных факторов. Состав слюны и секреция также зависят от возраста и пола. У пожилых людей, например, значительно повышается количество кальция, что имеет значение для образования зубного и слюнного камня. Изменения в составе слюны могут быть связаны с приемом лекарственных веществ, интоксикацией и заболеваниями. Так, при обезвоживании организма, сахарном диабете, уремии происходит резкое снижение слюноотделения.

Неорганические компоненты слюны представлены макроэлементами, содержание которых составляет более 0,01 % и микроэлементами, содержание которых составляет менее 0,001 %. К макроэлементам относятся натрий, калий, кальций, магний, сера, фосфор, хлор. Микроэлементы содержатся в слюне в сверхмалых концен-

трациях и к ним относятся медь, железо, цинк, марганец, молибден, фтор, бром, йод и др. [3]. Они могут находиться в ротовой жидкости как в ионизированной форме в виде простых (H^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- , F^- , и др.) и сложных ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} , HCO_3^{2-} , SCN^- , SO_4^{2-} и др.) ионов, так и в составе органических соединений – белков, белковых солей, хелатов. Из органических веществ в слюне обнаружены простые (альбумины, глобулины) и сложные (гликопротеиды) белки и небелковые азотсодержащие компоненты – аминокислоты, мочевины, а также моносахариды и продукты их превращения – пировиноградная, лимонная и уксусная кислоты. Одним из главных белковых компонентов смешанной слюны является муцин, представляющий собой высокополимеризованный глюкпротеин. В очищенной муцине имеются углеводистые компоненты типа полисахаридов, состоящие из групп амингликоз, амингалактоз и сиаловой кислоты. Благодаря способности связывать большое количество воды муцины придают слюне вязкость, защищают поверхность от бактериального загрязнения и растворения фосфата кальция. Бактериальная защита обеспечивается совместно с иммуноглобулинами и некоторыми другими белками, присоединенными к муцину.

В таблице приведено содержание основных неорганических компонентов в смешанной нестимулированной слюне и для сравнения в плазме крови [2].

Особенностью смешанной слюны является преобладание содержания ионов K^+ (в 4-5 раз) и низкое содержание ионов Na^+ (в 5-10 раз) по сравнению с их содержанием в плазме крови. В смешанной слюне превалирует также содержание неорганического фосфата, гидрокарбоната, тиоцианата, йода и меди. Содержание кальция в слюне и плазме крови практически одинаково.

Катионы слюны (Na^+ и K^+) наряду с другими ионами обуславливают осмотическое давление слюны, ее ионную силу и входят в состав солевых компонентов буферных систем. Весьма важным показателем состояния слюны является ионная сила, от величины которой зависит активность ионов, в том числе и минерализующих компонентов (Ca^{2+} и HPO_4^{2-}). Установлено, что показатели активности ионов Ca^{2+} и HPO_4^{2-} в слюне намного выше, чем в плазме крови, что и обуславливает минерализующую функцию ротовой жидкости.

Содержание неорганических веществ в слюне и плазме крови

Наименование компонентов	Содержание компонентов, ммоль/л	
	Смешанная слюна	Плазма крови
Натрий	6,6-24,0	130-150
Калий	12,0-25,0	3,6-5,0
Хлор	11,0-20,0	97,0-108,0
Общий кальций	0,75-3,0	2,1-2,8
Неорганический фосфат	2,2-6,5	1,0-1,6
Общий фосфат	3,0-7,0	3,0-5,0
Гидрокарбонат	20,0-60,0	25,0
Тиоцианат	0,5-1,2	0,1-0,2
Медь	0,3	0,1
Йод	0,1	0,01
Фтор	0,001-0,15	0,15

Слюна является минерализирующей жидкостью, она перенасыщена ионами кальция и фосфат-ионами и служит источником поступления этих ионов в эмаль зуба. Фосфат содержится в двух формах: в виде «неорганического» фосфата и связанного с белками и другими соединениями. Содержание общего фосфата в слюне достигает 7,0 ммоль/л, из них 70-95 % приходится на долю неорганического фосфата (2,2-6,5 ммоль/л), который представлен в виде гидрофосфата – HPO_4^{2-} и дигидрофосфата – H_2PO_4^- . Содержание кальция в слюне различно и колеблется от 1,0 до 3,0 ммоль/л. Кальций, как и фосфаты, находится в ионизированной форме и в соединении с белками. Доказано, что максимальным минерализующим эффектом обладает слюна, в которой отношение $\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}_{\text{общий}}$ составляет 0,53-0,69. Такая концентрация кальция и фосфатов необходима для поддержания постоянства тканей зуба. Этот механизм протекает через три основных процесса: регуляцию pH; препятствие в растворении эмали зуба; включение ионов в минерализованные ткани.

Слюна играет чрезвычайно важную роль в защите зубов от кариеса. Однако её роль ещё недостаточно изучена. Она является основным источником поступления в эмаль зуба кальция, фосфора и других минеральных элементов, влияет на физические и химические свойства эмали зуба, в том числе на резистентность к кариесу. Эти специфические свойства и функции слюны можно объяснить тем, что она является коллоидной системой и имеет мицеллярное строение, состоит из устойчивых белково-минеральных частиц – мицелл [1]. Каждая мицелла состоит из нерастворимого ядра, адсорбцион-

ных слоев и диффузного слоя. Нерастворимое ядро мицеллы образует фосфат кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. На поверхности ядра адсорбируются находящиеся в слюне в избытке потенциалопределяющие ионы гидрофосфата (HPO_4^{2-}). В адсорбционном и диффузных слоях мицеллы находятся ионы Ca^{2+} , являющиеся противоионами. Белки (в частности, муцин), связывающие большое количество воды, оказывают стабилизирующее действие, адсорбируясь на поверхности мицелл, и способствуют распределению всего объема слюны между мицеллами, в результате чего она структурируется, приобретает высокую вязкость, становится малоподвижной. Состав и строение мицелл фосфата кальция ротовой жидкости можно выразить следующей формулой:

$$\{[m \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] \cdot n \text{HPO}_4^{2-} \cdot (n-x) \text{Ca}^{2+}\}^{2x-} \cdot x \text{Ca}^{2+}.$$

Устойчивость мицелл слюны зависит от pH среды [1]. В кислой среде заряд мицеллы может уменьшиться вдвое, так как ионы гидрофосфата связывают протоны H^+ и превращаются в дигидрофосфат-ионы H_2PO_4^- . Это снижает устойчивость мицеллы, а ионы дигидрофосфата такой мицеллы не могут участвовать в процессе реминерализации эмали. Установлено, что при $\text{pH} < 6,4$ усиливаются процессы деминерализации зубной эмали. Подщелачивание приводит к увеличению концентрации фосфат-ионов, которые соединяются с ионами Ca^{2+} и образуются малорастворимое соединение $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Это явление наблюдается в полости рта при повышении $\text{pH} > 7,8$, что приводит к активизации процесса камнеобразования. Оптимальной величиной pH слюны для процессов минерализации и реминерализации тканей зуба является значение 7,2-7,8.

Рассмотренные представления о мицеллярном строении слюны позволяют объяснить механизмы поддержания и нарушения гомеостаза в системе эмаль зубов – слюна, возникновения кариеса зубов и образования зубного камня. Знание механизмов формирования указанных патологических состояний необходимо для их профилактики и лечения, которые должны быть направлены на поддержание и сохранение структурных свойств слюны.

Таким образом, минеральный состав слюны является одним из основных факторов, определяющих процессы минерализации твердых тканей зубов и их резистентность к кариесогенным влияниям.

Список литературы

1. Боровской Е.В., Леонтьев В.К. Биология полости рта. – М.: Медицинская книга. Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2001. – 304 с.
2. Вавилова Т.П. Биохимия тканей и жидкостей полости рта. Учебное пособие. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 208 с.
3. Вавилова Т.П., Янушевич О.О. Островская И.Г. Слюна. Аналитические возможности и перспективы. – М.: Издательство БИНОМ, 2014. – 312 с.
4. Тарасенко Л.М., Непорада К.С. Биохимия органов полости рта. Учебное пособие для студентов факультета подготовки иностранных студентов. – Полтава: Видавництво «Полтава», 2008. – 70 с.
5. Терапевтическая стоматология: Учебник для студентов стомат. фак. мед. вузов / Е.В. Боровский, В.С. Иванов, Ю.М. Максимовский, Л.Н. Максимовская; Под ред. Е.В. Боровского, Ю.М. Максимовского. – М.: Медицина, 2001. – 736 с.