



УДК 616.314-002

<http://dx.doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2019-21-12-16-21>

КАРИЕСРЕЗИСТЕНТНОСТЬ ЭМАЛИ. СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ КАРИЕСА ЗУБОВ (обор литературы)

Борисова^{1,2} Э. Г., Комова¹ А.А., Ермолович¹ А.Л., Малышева¹ Д.Д., Колобухова³ П.П.

¹ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

²ФГБВОУ ВО «Санкт-петербургский государственный университет»,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ФГБВОУ ВО Санкт петербургский государственный педиатрический медицинский университет,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

CARIES RESISTANCE OF ENAMEL. MODERN VIEW ON PREVENTION OF DENTAL CARIES (literature review)

Borisova^{1,2} E.G., Komova¹ A.A., Ermolovich¹ A.L., Malysheva¹ D.D., Kolobukhova³ P.P.

¹Military Medical Academy n. a. S.M. Kirov, St. Petersburg, Russian Federation

²St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation

³St. Petersburg state pediatric medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Аннотация. В настоящее время, не возникает сомнения, что причиной появления кариозного процесса тканей зуба начинается с изменения экологической ситуации в полости рта, что и приводит к деминерализации. Эмаль зуба является самой минерализованной и твердой тканью в организме человека. Она проницаема в обоих направлениях, что обеспечивает процессы деминерализации и реминерализации. Важное место в процессах реминерализации и минерализации эмали отводится белковой матрице. Сохранность белковой матрицы определяет степень обратимости процесса декальцинации. Согласно современным научным разработкам, фторид обладает кариес статическим действием благодаря его накоплению в тканях, жидкостях ротовой полости в виде фторида кальция. Регулярное поступление фторида приводит к пополнению запасов фторида кальция в виде глобул микрокристаллов, которые образуются на поверхности эмали. В зубных пастах фторида содержится незначительная концентрация, но, регулярное поступление, поддерживает резистентность эмали. Использование фторидов в целях

Annotation. Currently, there is no doubt that the cause of the carious process of tooth tissues begins with a change in the environmental situation in the oral cavity, which leads to demineralization. Tooth enamel is the most mineralized and hard tissue in the human body. It is permeable in both directions, which ensures the processes of demineralization and demineralization. An important place in the processes of demineralization and mineralization of enamel is given to the protein matrix. The preservation of the protein matrix determines the degree of reversibility of the decalcification process.

According to modern scientific developments, fluoride has a caries static effect due to its accumulation in tissues and oral fluids in the form of calcium fluoride. A regular supply of fluoride leads to replenishment of calcium fluoride in the form of globules of microcrystals that form on the surface of enamel. Fluoride toothpastes contain an insignificant concentration, but regular intake maintains enamel resistance. The use of fluorides for the prevention of caries is possible in two ways: 1) endogenous - the intake of fluorine compounds in the body with water, salt, milk, in tablets or drops; 2) exogenous - the use of fluoride-containing



профилактики кариеса возможно двумя путями: 1) эндогенным – поступление соединений фтора в организм с водой, солью, молоком, в таблетках или каплях; 2) экзогенным – использование фторсодержащих зубных паст, ополаскивателей, лаков, растворов, гелей для аппликаций.

Ротовая жидкость выполняет важнейшие функции по защите и поддержанию здоровья органов ротовой полости и участвует в обменных процессах, поэтому исследование её молекулярного состава потенциально значимо для целей медицины и превентивной диагностики стоматологических заболеваний. Существующую проблему предупреждения кариеса зубов, требующую мультидисциплинарного подхода, решить возможно только совместными усилиями фармакологов, стоматологов, микробиологов, биохимиков

Ключевые слова: кариес, предупреждение, экзогенные и эндогенные факторы, фторпрофилактика, микроэлементы, макроэлементы, деминерализация.

toothpastes, rinses, varnishes, solutions, gels for applications.

Oral fluid performs the most important functions of protecting and maintaining the health of the organs of the oral cavity and participates in metabolic processes, therefore, the study of its molecular composition is potentially significant for the purposes of medicine and preventive diagnosis of dental diseases. The existing problem of the prevention of dental caries, requiring a multi-disciplinary approach, can only be solved by the joint efforts of pharmacologists, dentists, microbiologists, biochemists

Keywords: caries, prevention, exogenous and endogenous factors, fluoroprophylaxis, microelements, macroelements, demineralization.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [1] Авраимова, О. Г. Использование фторидсодержащих зубных паст для лечения начального кариеса у детей / О. Г. Авраимова // Стоматология для всех. – 2003. – № 3. – С. 48–52.
- [2] Бавыкина, Т. Ю. Сравнительная оценка минерального состава и ультрамикроструктуры тканей зуба в норме и при кариесе / Т. Ю. Бавыкина, Т. В. Павлова // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 12. – С. 15–18.
- [3] Борисова, Э.Г. Взаимосвязь физического состояния пациентов с уровнем кариесрезистентности / Э.Г. Борисова, Л.П. Полевая, А.В. Полевая, В.А. Железняк // Здоровье и образование в 21 веке. -2018. №7. –С 66-70.
- [4] Борисова Э.Г. Результаты оценки противокариозной эффективности диодного света аппарата «Светозар» / Э.Г. Борисова, В.В. Никитенко, Ю.А. Лунева // Здоровье и образование в XXI веке. - 2016.-т.8.-№ 4.- С.25-29.
- [5] Боровский, Е. В. Клинико-морфологическая характеристика кариеса эмали / В. Б. Боровский // Клиническая стоматология. – 2009. – № 4. – С. 40–41.
- [6] Вавилова, Т. П. Слюна. Аналитические возможности и перспективы / Т. П. Вавилова, О. О. Янушевич, И. Г. Островская. – Москва : Бином, 2014. – 312 с.
- [7] Возможность повышения кариесрезистентности эмали зубов у детей и подростков путем применения комплексного

REFERENCES

- [1] Avraamova, O. G. Use of fluoride-containing toothpastes for the treatment of initial caries in children / O. G. Avraamova // Dentistry for all. - 2003. - No. 3. - S. 48–52.
- [2] Bavykina, T. Yu. Comparative evaluation of the mineral composition and ultramicrostructure of tooth tissues in normal conditions and during caries / T. Yu. Bavykina, T. V. Pavlova // Modern high technology. - 2009. - No. 12. - S. 15–18.
- [3] Borisova, E.G. The relationship of the physical condition of patients with the level of caries resistance / E.G. Borisova, L.P. Field, A.V. Field, V.A. Zheleznyak // Health and education in the 21st century. -2018. Number 7. –C 66-70.
- [4] Borisova, E.G. Evaluation results of the anti-cariious efficiency of the diode light of the Svetozar apparatus / E. G. Borisova, V.V. Nikitenko, Yu.A. Luneva // Health and education in the XXI century. - 2016.-vol. 8.-No. 4.- P.25-29.
- [5] Borovsky, E. V. Clinical and morphological characteristics of enamel caries / VB Borovsky // Clinical Dentistry. - 2009. - No. 4. - S. 40–41.
- [6] Vavilova, T. P. Saliva. Analytical capabilities and prospects / T.P. Vavilova, O.O. Yanushevich, I.G. Ostrovskaya. - Moscow: Binom, 2014. -- 312 p.
- [7] The possibility of increasing the caries resistance of tooth enamel in children and adolescents by applying a complex remineralizing fluoride-containing coating with tricalcium phosphate / Yu. A.



- реминерализующего фторсодержащего покрытия с трикальцийфосфатом / Ю. А. Ипполитов, Т. А. Русанова, С. А. Гарькавец // *Стоматология*. – 2015. – № 2. – С. 71–75.
- [8] Зырянов, Б. Н. Минеральный обмен в полости рта и кариес зубов у коренного и пришлого населения Крайнего Севера / Б. Н. Зырянов // *Маэстро стоматологии*. – 2011. – № 3 (43). – С. 21–23.
- [9] Ипполитов, Ю. А. Морфологические образования эмали белковой природы / Ю. А. Ипполитов // *Стоматология*. – 2010. – № 3. – С. 4–7.
- [10] Кисельникова, Л. П. Микробиологический мониторинг состояния биопленки зуба при применении хлоргексидина и ксилита в комплексном лечении кариеса у детей раннего возраста / Л. П. Кисельникова, Е. В. Кириллова, В. Н. Царев // *Стоматология детского возраста и профилактика*. – 2009. – № 2. – С. 74–82.
- [11] Леонтьев, В. К. Профилактика стоматологических заболеваний / В. К. Леонтьев, Г. Н. Пахомов. – Москва : КМК–ИНВЕСТ, 2006. – 450 с.
- [12] Леус, П. А. Диагностика, лечение и профилактика кариеса зубов / П. А. Леус. – Минск : Регистр, 2018. – 218 с.
- [13] Повышение реминерализующей функции ротовой жидкости с помощью эндогенных и экзогенных методов насыщения её минеральными комплексами / О. Г. Аврамова, Ю. А. Ипполитов, Я. А. Плотникова [и др.] // *Стоматология*. – 2017. – Т. 96, № 2. – С. 6–11.
- [14] Руле, Ж.-Ф. Профессиональная профилактика в практике стоматолога : атлас по стоматологии : перевод с немецкого / Ж.-Ф. Руле, С. Циммер ; под общей редакцией С. Б. Улитовского, С. Т. Пыркова. – Москва : МЕДпресс-информ, 2010. – 368 с.
- [15] Are Mutans Streptococci a reliable predictive factor for dental caries? / N. L. Thenisch, T. Imfeld, L. M. Bachmann, T. Leisebach // *Caries Res.* – 2006. – Vol. 40. – P. 366–374.
- [16] Characterization of enamel in primary teeth by optical coherence tomography for assessment of dental caries / A. M. A. Maia, D. D. D. Fonsêca, B. B. C. Kyotoku, A. S. L. Gomes // *Int. J. Paediatr. Dent.* – 2010. – Vol. 20, № 2. – P. 158–164.
- [17] Dens invaginatus. Review of the literature and diagnostic and therapeutic guidelines / M. Baumgart, S. Hänni, B. Suter [et al.] // *Monatsschr. Zahnmed.* – 2009. – Vol. 119, № 7. – P. 697–714.
- [18] Effect of Saliva composition on experimental root caries / A. Bardow, E. Hofer, B. Nyvad [et al.] // *Caries Research.* – 2005. – Vol. 39. – P. 71–77.
- [19] Iijima, Y. Early detection of white spot lesions with Ippolitov, T. A. Rusanova, S. A. Garkavets // *Dentistry.* – 2015. – No. 2. – S. 71–75.
- [8] Zyryanov, B.N. Mineral exchange in the oral cavity and dental caries in the indigenous and alien population of the Far North / B.N. Zyryanov // *Maestro of Dentistry.* – 2011. – No. 3 (43). – S. 21–23.
- [9] Ippolitov, Yu. A. Morphological formations of protein enamel / Yu. A. Ippolitov // *Dentistry.* – 2010. – No. 3. – S. 4–7.
- [10] Kiselnikova, L.P. Microbiological monitoring of the tooth biofilm state with the use of chlorhexidine and xylitol in the complex treatment of caries in young children / L.P. Kiselnikova, E.V. Kirillova, V.N. Tsarev // *Dentistry for children and prevention.* – 2009. – No. 2. – S. 74–82.
- [11] Leontiev, V.K. Prevention of dental diseases / V.K. Leontiev, G.N. Pakhomov. – Moscow: KMK-INVEST, 2006. – 450 p.
- [12] Leus, P. A. Diagnosis, treatment and prevention of dental caries / P. A. Leus. – Minsk: Register, 2018. – 218 p.
- [13] Increasing the remineralizing function of the oral fluid using endogenous and exogenous methods of saturating it with mineral complexes / O. G. Avraamova, Yu. A. Ippolitov, Ya. A. Plotnikova [et al.] // *Dentistry.* – 2017. – T. 96, No. 2. – S. 6–11.
- [14] Rule, J.-F. Professional prevention in the practice of the dentist: Atlas in dentistry: translation from German / J.-F. Rule, S. Zimmer; edited by S. B. Ulitovsky, S. T. Pyrkov. – Moscow: MEDpress-inform, 2010. – 368 p.
- [15] Are Mutans Streptococci a reliable predictive factor for dental caries? / N. L. Thenisch, T. Imfeld, L. M. Bachmann, T. Leisebach // *Caries Res.* – 2006. – Vol. 40. – P. 366–374.
- [16] Characterization of enamel in primary teeth by optical coherence tomography for assessment of dental caries / A. M. A. Maia, D. D. D. Fonsêca, B. B. C. Kyotoku, A. S. L. Gomes // *Int. J. Paediatr. Dent.* – 2010. -- Vol. 20, No. 2. – P. 158–164.
- [17] Dens invaginatus. Review of the literature and diagnostic and therapeutic guidelines / M. Baumgart, S. Hänni, B. Suter [et al.] // *Monatsschr. Zahnmed.* – 2009. – Vol. 119, No. 7. – P. 697–714.
- [18] Effect of Saliva composition on experimental root caries / A. Bardow, E. Hofer, B. Nyvad [et al.] // *Caries Research.* – 2005. – Vol. 39. – P. 71–77.
- [19] Iijima, Y. Early detection of white spot lesions with



- digital camera and remineralization therapy / Y. Iijima // Aust. Dent. J. – 2008. – Vol. 53, № 3. – P. 274–280.
- [20] March, P. D. The oral microflora–friend or foe? Can we decide? / P. D. March, R. S. Percival // Internat. Dent. J. – 2006. – Vol. 56, № 4, suppl. 1. – P. 233–239.
- [21] Prevention A Tooth Sensitivity After Professional Teeth Whitening /I.A. Belenova, Y.N. Rozhkova, E.I. Zyablova, A.V. Podoprigrora, E.G. Borisova, I.S. Belenov, A.L. Solovyova // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2019.-10 (1): 1665–1670
- [22] The study of efficiency of endogenous and exogenous preventive methods of tooth enamel remineralisation by FTIR microscopy using synchrotron radiation, Saint Petersburg Open 2016 IOP Publishing / D. L. Goloshchapov, V. M. Kashkarov, P. V. Seredin.[et al.]. – DOI 10.1088/1742-6596/741/1/012054 // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – Vol. 741, № 1. – 012054.
- Internat. Dent. J. - 2006. - Vol. 56, No. 4, suppl. 1. - P. 233–239.
- [21] Prevention A Tooth Sensitivity After Professional Teeth Whitening /I.A. Belenova, Y.N. Rozhkova, E.I. Zyablova, A.V. Podoprigrora, E.G. Borisova, I.S. Belenov, A.L. Solovyova // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2019.-10 (1): 1665–1670
- [22] The study of efficiency of endogenous and exogenous preventive methods of tooth enamel remineralization by FTIR microscopy using synchrotron radiation, Saint Petersburg Open 2016 IOP Publishing / D. L. Goloshchapov, V. M. Kashkarov, P. V. Seredin. [Et al.]. - DOI 10.1088 / 1742-6596 / 741/1/012054 // Journal of Physics: Conference Series. - 2016. - Vol. 741, No. 1. - 012054.

Введение В настоящее время распространённость и интенсивность кариеса зубов, несмотря на широкое применение высоких технологий, остается на высоком уровне [1, 3, 4, 20]. Причины недостатка макро- и микроэлементов в кристаллической решетке эмали, биохимические процессы обмена веществ в твердых тканях зуба остаются не до конца изученным.

Не возникает сомнения, что причиной появления кариозного процесса тканей зуба начинается с изменения экологической ситуации в полости рта, что и приводит к деминерализации. В тоже время, в подповерхностном и в относительно сохранившемся наружном слоях эмали проявляется выраженная убыль минеральных компонентов. Предпосылками к появлению очаговой деминерализации выступают органические кислоты (в основном молочная кислота), образующиеся в процессе ферментации углеводов микроорганизмами зубного налёта [2, 3, 21, 22]. Символом современного представления причины возникновения кариеса зубов может служить известный «трилистник Кейза», представляющий собой три взаимно перекрывающиеся в центре окружности, демонстрирующие, что кариес возникает только при совпадении трёх условий:

присутствии кариесогенной микрофлоры, потреблении легкоусвояемых углеводов и низкой резистентности эмали. В дальнейшем этот символ дополнился еще одним, четвертым фактором времени - длительности взаимодействия углеводов с поверхностью эмали [2, 5, 17].

Эмаль – самая минерализованная и твердая ткань в организме человека. Около 94% минеральной основы эмали составляют кристаллы апатитов и около 2%-органические вещества. Также, она содержит порядка 4% воды в свободном и связанном виде [13]. В полости рта эмаль находится под воздействием ротовой жидкости, со стороны пульпы - тканевой жидкостью, а также содержит межпризмные пространства, заполненные жидкостью, и является проницаемой в обоих направлениях, что обеспечивает процессы деминерализации и реминерализации.

В результате исследований П. А. Лёуса, использовавшего микроавтордиографию для определения путей проникновения лизина¹⁴, было установлено, что он проходит, в основном, по структурным образованиям органической природы-ламеллам [12]. Использование метода микроавтордиографии, позволило выявить, что аминокислоты



в меньшем количестве проникают из слюны в ткани зуба, чем из изотонического раствора хлорида натрия [1, 2].

Как отечественные, так и зарубежные исследователи считают, что с возрастом проницаемость эмали снижается, а не прекращается. В эмаль зуба могут проникать различные вещества, отдельные ионы, аминокислоты, токсины, красители и т.д. [1 - 5]. Исследования органической матрицы эмали позволило определить важность её роли в стабилизации буферной системы, которая обеспечивает наличие в ней свободных ионов кальция.

Особое место в процессах реминерализации и минерализации эмали отводится белковой матрице. В эмали содержится мало белка: от 0,5 до 3-4% [11]. Белок эмали значительно отличается от коллагеновых белков, так как в нем меньше содержится пролина, глицина и оксипролина – основной аминокислоты коллагена [12].

Вследствие нарушения процессов минерализации и декальцинации в сторону усиления последних происходит постепенное растворение кристаллов различных апатитов. Но этот процесс может быть обратим при прекращении действия деминерализующих факторов и усилении процессов реминерализации. В случае потери белковой матрицы процесс декальцинации окажется необратимым, так как отсутствует основа процесса минерализации. Таким образом, сохранность белковой матрицы определяет степень обратимости процесса декальцинации [13, 18, 20].

Как отечественные, так и зарубежные ученые считают, что патологические процессы наиболее выражены в дентине зуба. Они характеризуются деминерализацией и отражаются в резком снижении концентрации кальция на 51,2% и фосфора на 14,22%. В эмали также происходит процесс деминерализации, который связан, в большей степени, с потерей кальция на 11,53% и фосфора – на 5,08% [7].

Довольно большое количество исследований посвящено изучению концентрации кальция и неорганического фосфата в слюне.

Известно, что среднее количество кальция в слюне составляет 0,04-0,08 г/л. У кариесрезистентных лиц содержание его в среднем равняется $0,0458 \pm 0,0011$ г/л [1, 2]. Содержание неорганического фосфата в слюне от 2х до 10 раз больше, чем в сыворотке крови. В слюне кальций содержится как в ионизированном, так и в связанном состоянии и связывается с белками: амилазой, лизоцимом, гликопротеидами [5, 9, 15, 16].

Как показали многочисленные исследования водородный показатель pH слюны играет немалую роль в обменном процессе [1, 5, 14, 17, 21]. Деминерализующий эффект эмали наблюдается при pH ниже 6,0, поэтому многих исследователей интересует возможность понижения pH ниже этого уровня.

В настоящее время большое внимание уделяется использованию биомаркеров ротовой жидкости в терапевтической диагностике системных заболеваний органов полости рта: дёсен, зубов, слюнных желез [2, 10, 12]. Изменения в составе слюны могут свидетельствовать о начале патологических процессов, которые не наблюдаются визуально [7, 13, 14]. Учитывая, что ротовая жидкость выполняет важнейшие функции по защите и поддержанию здоровья слизистой оболочки полости рта, органов ротовой полости и участвует в обменных процессах, исследование её молекулярного состава потенциально значимо для целей медицины и превентивной диагностики стоматологических заболеваний [3, 4, 8, 13].

Проблема успешной профилактики кариеса остается одной из главных проблем здравоохранения в современных странах. По данным Всемирной организации здравоохранения, экономические затраты на лечение кариеса значительно превышают затраты на предупреждение и лечение достаточно распространенных болезней сердца, артериальной гипертензии и инсультов [19, 20]. Нельзя отрицать тот факт, что сведения об эффективности эндогенных методов профилактики кариеса зубов недостаточны для проведения профилактических мероприятий в лечебных стоматологических учреждениях.



Согласно современной концепции, фторид обладает кариес статическим действием благодаря его накоплению в тканях и жидкостях полости рта в виде фторида кальция. Регулярное поступление фторида в незначительных концентрациях, как в зубных пастах, поддерживает резистентность эмали [1, 2, 15-17]. Использование фторидов в целях профилактики кариеса возможно несколькими путями: эндогенный – поступление соединений фтора в организм с водой, солью, молоком, в таблетках или каплях; экзогенный – использование фторсодержащих зубных паст, ополаскивателей, лаков, растворов, гелей для аппликаций.

Высокая распространенность, интенсивность кариеса среди населения и значительная эффективность своевременно проведенных профилактических мероприятий свидетельствуют о важности применения комплексного подхода к предупреждению возникновения и развития этого заболевания. К методам профилактики относят: стоматологическое просвещение и гигиеническое воспитание населения; эндогенное использование препаратов фтора; применение в комплексной профилактике модулированного лазерного излучения, местное применение реминерализующих средств; герметизацию фиссур зубов [1, 3, 4, 12, 13].

Реминерализующая терапия признана наиболее эффективным и физиологичным

методом профилактики кариеса зубов, позволяющим восстановить минеральную насыщенность зубов и повысить их устойчивость к стоматологическим заболеваниям [2, 8, 10, 11].

По данным современных исследований наиболее безопасным и современным путем является применение аминокислот как источника биологически активного антимикробного средства, которое способствует регенерации поврежденных тканей, подверженных начальной деминерализации и является альтернативой фторпрофилактики [1, 5, 7, 9].

В целях профилактики и лечения кариеса нашла применение биосовместимая полимерная пленка, которая выполнена из гидрофобного и гидрофильного слоев, содержащих фтор ионы, антимикробный компонент и вспомогательные вещества (соединения кальция и фосфорсодержащие соединения). При этом источники кальция, фосфат и фторионов включены в гидрофильный слой пленки. В качестве источников ионов фтора пленка включает органические фторсодержащие соединения [14, 16, 22].

Заключение. Таким образом, до сих пор существует проблема предупреждения кариеса зубов, требующая мультидисциплинарного подхода. И решить ее возможно только совместными усилиями фармакологов, стоматологов, микробиологов, биохимиков.