

УДК 616.3:616.314-092.4
DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-5-178-183

**ПОСЛЕДСТВИЯ УПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ НАПИТКОВ
НА ЗУБНУЮ ЭМАЛЬ, ДЕНТИН И ЦЕМЕНТ**

Т.А. Абдирасулова

Аннотация. В последнее десятилетие увеличивается разнообразие энергетических напитков и их популярность среди населения Кыргызстана. Употребление таких напитков распространяется по всем возрастным категориям, особенно среди молодежи. Частое употребление может негативно повлиять на организм человека. Энергетические напитки содержат много калорий – в одной бутылке или банке может быть до 200 или больше килокалорий. Если употреблять их в избыточных количествах, что приводит к превышению суточной потребности в энергии, это может привести к набору лишнего веса, эрозии зубной эмали, дентина, цемента. Целью исследования стало изучение влияния энергетических напитков на зубную эмаль, дентин, цемент. По результатам исследования после эрозивного воздействия кислых энергетических напитков на дентин наблюдается значительное снижение концентрации ионов кальция и фосфора при их длительном воздействии. Также стоит отметить, что при изучении влияния энергетических напитков на эмаль и дентин было выявлено значительное снижение твердости эмали.

Ключевые слова: напиток; влияние; ионы кальция; эмаль; употребление; минерализация.

**ЭНЕРГЕТИКАЛЫК СУУСУНДУКТУН ТИШ ЭМАЛЫНА,
ДЕНТИНГЕ ЖАНА ЦЕМЕНТКЕ ТИЙГИЗГЕН ТЕРС ТААСИРИ**

Т.А. Абдирасулова

Аннотация. Акыркы он жылдыкта Кыргызстандын калкынын арасында энергетикалык суусундуктардын түрлөрү, аларды колдонуу жана жалпы популярдуулугу өсүүдө. Мындай суусундуктарды колдонуу бардык курактагы категориялар боюнча, өзгөчө жаштар арасында жайылат. Аларды көп колдонуу адамдын организминде терс таасирин тийгизет. Энергетикалык суусундуктар көп калорияларды камтыйт – бир бөтөлкө 200 калория же андан көп калорияны камтышы мүмкүн. Ашыкча көлөмдө керектелсе, бул суткалык энергияга болгон керектөөдөн ашып кетишине алып келет, бул ашыкча салмак кошууга, тиш эмалынын, дентиндин жана цементтин эрозиясына алып келиши мүмкүн. Изилдөөнүн максаты энергетикалык суусундуктардын тиш эмалына, дентинге жана цементке тийгизген таасирин изилдөө болгон. Изилдөөнүн натыйжалары кычкыл энергетикалык суусундуктардын дентинге эрозиялык таасиринен кийин, узакка созулган экспозицияда кальций жана фосфор иондорунун концентрациясынын олуттуу төмөндөшү байкалган. Ошондой эле энергетикалык суусундуктардын эмалга жана дентинге тийгизген таасири, эмалдын катуулугунун олуттуу төмөндөшү аныкталганын белгилей кетүү керек.

Негизги сөздөр: суусундук; таасир; кальций иондору; эмаль; керектөө; минерализация.

**CONSEQUENCES OF DRINKING ENERGY DRINKS
ON TOOTH ENAMEL, DENTIN AND CEMENT**

T.A. Abdirasulova

Abstract. In the last decade, the variety of energy drinks and their popularity among the population of Kyrgyzstan has been increasing. The use of such drinks spreads across all age categories, especially among young people. Frequent use can negatively affect the human body. Energy drinks contain a lot of calories – one bottle or can can contain up to 200 calories or more. If consumed in excess quantities, which leads to exceeding the daily energy requirement, this can lead to excess weight gain, erosion of tooth enamel, dentin, and cement. The purpose of the study was to study the effect of energy drinks on tooth enamel, dentin, and cement. The results of the study after the erosive effects

of acidic energy drinks on dentin, a significant decrease in the concentration of calcium and phosphorus ions is observed with prolonged exposure. It is also worth noting that the effect of energy drinks on enamel and dentin, a significant decrease in enamel hardness was revealed.

Keywords: drink; influence; calcium ions; enamel; consumption; mineralization.

Введение. Энергетические напитки предназначены для повышения бодрости и улучшения физической или умственной активности человека, они временно придают прилив сил и стимулируют нервную систему. Однако при злоупотреблении энергетическими напитками они могут стать источником серьезных опасностей. При избыточном употреблении кофеина могут возникнуть серьезные проблемы с сердечной деятельностью, а комбинация с углекислым газом и сахаром может оказать вредное воздействие на желудок и печень. В последние годы потребление энергетических напитков как во всем мире, так и в Кыргызстане, стремительно растет. Особенно активно энергетики используют молодые люди и подростки. Также стоит отметить, что среди лиц, употребляющих энергетические напитки, часто встречаются случаи различных заболеваний зубной эмали, дентина и цемента.

Цель исследования – изучить влияние энергетических напитков на зубную эмаль, дентин и цемент.

Материалы и методология. Нами было изучено 17 литературных источников разных авторов, рассматривающих влияние энергетических напитков на зубную эмаль, дентин и цемент.

Результаты исследования. Потребление энергетических напитков часто сопровождается ухудшением состояния зубов и их эрозией, что связано с высоким содержанием сахара в них. Высокая кислотность также усиливает эрозию зубов и повышает их чувствительность. Кроме того, вызывает беспокойство, связанное с употреблением энергетических напитков ожирение. Энергетические напитки содержат много калорий – в одной бутылке или банке может быть до 200 или больше килокалорий. Если употреблять энергетические напитки в избыточных количествах, что приводит к превышению суточной потребности в энергии, это может привести к набору лишнего веса даже в детском возрасте.

Эмаль, самый твердый и наиболее минерализованный материал в организме, обладает

анизотропностью и неоднородностью. Её состав составляют примерно 92–96 % неорганических материалов по массе, 1–2 % органических материалов и 3–4 % воды. Микроструктура представлена стержнями “призмной” формы диаметром 4–8 мкм. Наноструктура состоит из плотно упакованных нанокристаллов карбоната гидроксиапатита, расположенных почти параллельно. Кристаллиты гидроксиапатита покрыты тонким слоем эмалинового белка. Палочки разделены органической призматической оболочкой и межпалочковой эмалью, богатой белками.

Минеральная часть зубов представлена кальцийдефицитным карбонатным гидроксиапатитом. Различные заменители в кристаллической структуре делают минерал более восприимчивым к кислотному воздействию. Прямое воздействие ионов водорода в сочетании с выделением карбоната и фосфора с поверхности кристалла приводит к его прямому растворению. Эрозивное поведение эмали зависит от её местоположения. Скорость растворения эмали увеличивается от поверхности к внутренней части [1].

Процесс деминерализации эмали начинается с разрушения ядра или стенок соединительных стержней. Под воздействием кислоты границы между палочками и между палочками эмали, а также между эмалином и кристаллитами гидроксиапатита могут стать путями для проникновения кислоты. Исследования показали, что уровень минерализации эмали уменьшается от внешней поверхности к границе с дентином [2]. Это связано с увеличением органической фазы и пористости внутренней эмали. Также отмечается повышенная концентрация ионов магния и сниженная концентрация ионов фтора от внешней поверхности к внутренним слоям эмали, что может быть связано с повышенной растворимостью эмали от поверхности к дентину.

Процесс эрозии начинается с размягчения поверхности эмали, за которым следует потеря объема ткани при сохранении размягченного

слоя неподвижной эмали. Ионы водорода проникают через бляшку-пелликулу и взаимодействуют с кристаллами эмали – это называется растворением, стимулируемым протонами [3]. После этого ионы водорода или хелатирующие агенты начинают действовать на центральные или боковые поверхности кристаллитов (центральное растворение) либо на гребень кристаллита. Оболочка и сердцевина стержней растворяются, образуя структуру, аналогичную сотам. Эта структура напоминает ту, что образуется после травления эмали при реставрации с использованием ортофосфорной кислоты. При продолжительном или высококонцентрированном воздействии кислоты процесс растворения эмали будет прогрессировать и станет необратимым. Это может привести к серьезным изменениям в эмали, включая уменьшение её ширины.

При разрушении головок эмалевых стержней, расположенных под гликопротеиновой пленкой, которая контролируется бактериальной биопленкой, происходит либо плавление в ответ на кислотный внеклеточный гель, либо коррозия, что приводит к расширению межкристаллических пространств. Структура наружного здорового слоя эмали, известного как апризматический слой, характеризуется параллельными кристаллитами, формирующими палисадоподобную структуру. Толщина этого призматического слоя эмали составляет 5–15 мкм и постепенно уменьшается, что ведет к уменьшению общей ширины эмали. Призматический слой эмали, обнажаемый в результате эрозии, приобретает кружевную структуру. Новая поверхность подвергается повышенной потере ионов кальция и фосфора, в то время как внутренний призматический слой остается нетронутым. Размягченные внешние слои эмали и дентина имеют толщину 2–5 мкм. Ионы цитрата могут образовывать комплексы с кальцием, что приводит к высвобождению ионов кальция из кристаллической поверхности. Эрозия, вызванная лимонной кислотой, приводит к средней потере вещества в 16,0 мкм [4].

Эрозия эмали начинается при падении pH полости рта ниже 4,0, хотя деминерализация эмали начинается при pH ниже 5,5, когда ротовая жидкость становится недостаточно насыщенной гидроксиапатитом. С уменьшением

pH логарифмически возрастает растворимость кристаллов. При снижении pH с 4,0 до 2,0 каждая единица pH увеличивает растворение эмали в 100 раз. Кислые напитки классифицируются по их химическому эрозионному потенциалу в соответствии с кривой растворимости апатита как чрезвычайно эрозионные (с pH ниже 3,0), эрозионные (с pH в диапазоне от 3,0 до 3,99) и минимально эрозионные (с pH более или менее равным 4,0) [5].

Существует три фазы кислотного воздействия в зависимости от определенного кислотного pH. Кислоты с pH ниже 1, действующие очень короткое время, могут вызвать травление поверхности. Кратковременное воздействие кислот с pH от 2 до 4 приводит к наномасштабному смягчению эмали, которое не распространяется на макромасштаб. Кислоты с pH 4,5–6,9 вызывают подповерхностное растворение, что характерно для кариозного поражения при наличии бактериальной биопленки [6].

Карбоновые кислоты обладают способностью выделять ион гидроксония, который соединяется с фосфатом, образуя фосфат-катионы. Хелатный комплекс кальциевой кислоты, возникающий в результате взаимодействия этих катионов и ионов кальция, отвечает за разрушение и деминерализацию минералов зубов. Исключительно редко этот комплекс может оставаться рядом с гидроксиапатитом, вызывая минимальную деминерализацию. Карбоксильная группа лимонной кислоты обычно диссоциирует, образуя ионы водорода и анион COO^- , которые способны вызывать хелатирование кальция. Потеря минералов зубов может произойти в результате растворимости хелатного комплекса. Ионы фосфата и кальция удаляются из гидроксиапатита под воздействием лимонной кислоты. Хелатирование определяет растворение эмали путем удаления ионов кальция в диапазоне pH, близкому к значению 6 [7].

Хелатирующие свойства лимонной кислоты сильно зависят от pH. При pH 3 только 3 % цитрат-ионов ионизируются, образуя хелатные ионы кальция, что может указывать на минимальный эрозивный процесс при таком pH. Однако при увеличении pH полости рта до 6, при сохранении цитрат-аниона, хелатирование может сыграть важную роль в эрозии зубов.

Существуют различные результаты в литературе относительно эрозивного воздействия спортивных напитков на эмаль. Исследования показывают, что многие напитки, потребляемые в США, могут оказывать эрозивное воздействие на эмаль. Некоторые исследования указывают на разрушительный потенциал многих спортивных напитков по сравнению с водой и апельсиновым соком, тогда как другие исследования показывают слабую связь или ее отсутствие [8].

Использование сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) для изучения зубной эмали выявило важные поверхностные изменения, такие как увеличение пор эмали и нарушение структуры эмалевых призм. Значительное снижение концентрации ионов кальция и фосфора в эмали было зафиксировано после контакта зубов с кислыми спортивными и энергетическими напитками. Повышенная концентрация кислорода и пониженная концентрация ионов кальция подтверждают эрозивное действие этих напитков, которые разрушают гидроксиапатит на элементарные компоненты [9].

Исследования также показали, что энергетические и спортивные напитки могут значительно снизить твердость эмали из-за их эрозивного потенциала. При оценке шероховатости поверхности эмали после хранения в различных энергетических напитках были отмечены повышенные значения шероховатости. По сравнению с другими кислыми газированными напитками, спортивные напитки привели к меньшим структурным потерям [10].

У детей младшего возраста молочные зубы подвержены сильному эрозивному процессу. Молодая, незрелая эмаль более пористая по сравнению с зрелой эмалью, что делает её более уязвимой к разрушению. Растворение эмали происходит в полости рта до полного созревания [11]. После осаждения ионов слюны и интеграции их в структуру эмали незрелая эмаль становится более твердой, менее проницаемой и более устойчивой к кислотным воздействиям. В период созревания эмали дети раннего возраста находятся под высоким риском разрушения из-за кариесогенных или эрозивных атак. Этот период риска продолжается с возраста менее 3-х лет до прорезывания всех постоянных зубов, что обычно происходит к 12 годам.

Некоторые исследования дали неубедительные результаты относительно потери эмали из-за воздействия спортивных и энергетических напитков. Однако другие исследования показали, что энергетические и спортивные напитки вызывают меньший, но статистически незначимый процент потери эмали временных зубов по сравнению с постоянными зубами [12].

Дентин составлен из органической части, составляющей 20 % по массе, минеральной части (карбонатный апатит) – 70 % и воды – 10 %. Коллаген (типы I, III и V) занимает почти 90 % органической части, а остальные компоненты представлены неколлагеновыми белками [13]. Пластинчатые кристаллиты, имеющие толщину 3 нм и минерализующие коллагеновые фибриллы, располагаются параллельно друг другу. Наличие ионов-заместителей в кристаллитах может нарушить их структуру. В здоровом дентине содержание карбонат-ионов составляет 5–6 %, а в эмали – 3 %. Это делает кристаллиты дентина более восприимчивыми к растворению по сравнению с эмалью. Кристаллиты дентина имеют меньший размер, чем кристаллиты эмали, что обуславливает возможность их растворения за более короткий промежуток времени.

Обычно корневой цемент (или дентин) более подвержен эрозии по сравнению с эмалью из-за различий в химическом составе. Меньшее количество минералов, более высокое содержание органических веществ и значительно меньшие кристаллы апатита делают поверхность корня более уязвимой к эрозии. Предыдущие исследования показали, что образцы дентина, постоянно подвергавшиеся воздействию кислых напитков, демонстрировали различную степень деминерализации [14].

Энергетические напитки были исследованы на протяжении 12 часов. В результате эрозивного воздействия кислых энергетических напитков на дентин наблюдается значительное снижение концентрации ионов кальция и фосфора при их длительном воздействии. В ходе исследований, посвященных влиянию спортивных напитков на эмаль и дентин, было выявлено значительное снижение твердости эмали, однако их влияние на дентин не оказало значительного эффекта. Подобные результаты были получены и в других исследованиях, где отмечалось значительное

снижение твердости как эмали, так и дентина [15].

Кариес зубов представляет собой локально-специфическое разрушение поверхности зубов, вызванное кислотной активностью в полости рта, связанной с бактериальной ферментацией сахаров. Развитию и прогрессированию кариеса способствуют различные факторы, включая наличие кариесогенной микробной биопленки, типа потребляемых продуктов, уровня гигиены, слюны и индивидуальной восприимчивости зубов.

Моносахариды, такие как глюкоза и фруктоза, или дисахариды, включая сахарозу, мальтозу и лактозу, обладают высоким потенциалом вызывать кариес. Сахароза считается более кариесогенной из-за ее способности служить субстратом для образования внеклеточных полисахаридов (фруктана и глюкана) и нерастворимых матричных полисахаридов (мутана). Результаты предыдущих исследований *in vitro* и *in vivo* как на людях, так и на животных, подтвердили, что напитки, содержащие сахар, могут способствовать развитию кариеса. Употребление спортивных напитков, содержащих углеводы (как правило, глюкозу, мальтозу или декстрозу), также подвергалось критике, связывая их с кариесом.

Однако некоторые исследования не подтвердили эту гипотезу: энергетические напитки не были ассоциированы с развитием кариеса.

Похоже, что энергетические напитки, как фруктовые соки, морсы или газированные напитки, имеют аналогичное кариесогенное воздействие [16]. Содержание сахара и вязкость напитков являются факторами, которые стимулируют активность бактерий и выделение кислоты в результате их метаболизма. Исследование *in vitro*, проведенное на крысах, показало, что спортивные напитки с рН 3,2 и содержанием 6 % сахарозы значительно способствуют эрозии зубов, но не вызывают кариеса. Та же группа исследователей, проводившая другое исследование, отметила значительное увеличение образования зубного налета при употреблении смеси энергетических напитков, но без появления кариеса.

Они также обнаружили, что добавление ионов фтора и магния в смесь энергетических

напитков снижает образование зубного налета. Некоторые исследования, включающие сравнение уровня кариеса у спортсменов и неспортсменов, показали значительную разницу между группами. Было обнаружено, что нет связи между характером потребления и появлением кариеса, выраженного индексом DMFS (разрушенные, пропущенные, заполненные поверхности). В 1997 году Милошевич заявил, что регулярное употребление энергетических напитков может привести к разрушению зубов. Он выделил лишь факторы, которые могут влиять на развитие кариеса, но не смог доказать, что энергетические напитки прямо приводят к появлению кариесных поражений.

Уровень рН указанных напитков находился в диапазоне от 4,46 до 2,38, означая, что рН был ниже 5,5, что является критическим уровнем для деминерализации эмали. Следовательно, энергетические напитки могут быть склонны к вызыванию деминерализации эмали. Однако степень деминерализации будет определяться концентрацией ионов кальция и фосфата в ротовой жидкости. Исследования *in vitro* четко показали, что недостаточное насыщение ротовой жидкости гидроксиапатитом и фторапатитом эмали приводит к эрозии зубов, а не к кариесу [17].

Потенциал энергетических напитков вызывать кариес нельзя недооценивать, хотя прямая связь с этим заболеванием не была доказана конкретными доказательствами.

Вывод. Согласно изученным литературным данным, энергетические напитки, содержащие сахар, способствующий росту бактерий в ротовой полости, и напитки с низким уровнем рН могут разрушать эмаль и увеличивать чувствительность зубов. В связи с этим населению следует предоставить информацию о потенциальных рисках для их стоматологического здоровья при употреблении энергетических напитков. В дальнейшем планируется проведение исследований, направленных на более глубокое изучение влияния энергетических напитков на состояние полости рта и рН среды слюны у подростков, которые активно потребляют такие напитки.

Поступила: 01.04.24; рецензирована: 15.04.24;
принята: 17.04.24.

Литература

1. *Owens B.M., Mallett J.D., Febus J.G.* 2014. The effect of cola-based carbonated beverages, sports and energy drinks, and orange juice on primary and permanent enamel dissolution // *Austin Journal of Dental*, 2022. No. 1. P. 1004.
2. *Арнауцану К.* Об эрозивном воздействии некоторых напитков на зубную эмаль у спортсменов / К. Арнауцану, С. Андриан, Г. Йован [и др.] // *IJMD*. 2015. № 5. С. 143–147.
3. *Лусси А.* Клиническое исследование мониторинга pH на поверхности зубов у пациентов с эрозией и без нее / А. Лусси, М. Салис-Маринчек, К. Гансс [и др.] // *Стоматология*. 2012 в. № 46. С. 507–512.
4. *Столеру С.* In vitro оценка воздействия кислых напитков на дентин и цемент, при хранении и без хранения в искусственной слюне / С. Столеру, Г. Йован, Г. Панку // *Матер. Пласт*. 2014. № 2. С. 162–166.
5. *Барбур М.Э.* Взаимосвязь между смягчением эмали и эрозией, вызванной безалкогольными напитками в диапазоне температур / М.Э. Барбур, М. Финке, Д.М. Хьюз [и др.] // *Журнал Дентал*. 2006. № 34. С. 207–213.
6. *Reddy A., Norris Don F.* pH of Beverages in the United States // *JADA*. 2016. No. 4. P. 255–263.
7. *Buzalaf M.A.R., Magalhães A.C., Rios D.* Prevention of erosive tooth wear: addressing dietary and patient-related risk factors // *British Dental Journal*. 2019. No. 211. P. 290–302.
8. *Барбур М.* Эрозия в отношении питания и окружающей среды / М. Барбур, А. Лусси // *Устная наука*. 2014. № 25. С. 143–154.
9. *Лусси А.* Анализ эрозионного воздействия различных приемов пищевых веществ и лекарств / А. Лусси, Б. Мегерт, Р.П. Шеллис [и др.] // *Брит. Журнал. нутр.* 2012. № 107. С. 252–262.
10. *Бениаш Э.* Биоминералы – иерархические нанокompозиты: пример кости / Э. Бениаш // *Нанобиотехнологии*. 2011. № 3. С. 47–69.
11. *Казми С.* Влияние на эмаль газированных напитков: исследование / С. Казми, А. Мугал, М. Хабиб [и др.] // *SEM. ПОДЖ*. 2016. № 36. С. 221–225.
12. *Wongkhantee S.* The effect of acidic foods and beverages on the surface hardness of enamel, dentin, and tooth-colored filling materials / S. Wongkhantee, V. Patanapiradej, K. Manee-nut et al. // *Journal of Dental*. 2006. No. 34. P. 214–220.
13. *Люсси А.* Влияние различных зубных паст на предупреждение эрозии / А. Люсси, Б. Мегерт, Д. Эггенбергер // *Стоматология*. 2008. № 42. С. 62–67.
14. *Манн К.* Трехмерная профилометрическая оценка ранней эрозии эмали, имитирующей желудочную регургитацию / К. Манн, С. Ранжиткар, Д. Леккас [и др.] // *Журнал Дентал*. 2020. № 42. С. 1411–1421.
15. *Шеллис Р.П.* Понимание химии эрозии зубов / Р.П. Шеллис, Дж.Д. Физерстоун, А. Лусси // *Устная наука*, 2014. № 25. С. 163–179.
16. *Таджи С.* Обзор литературы по эрозии зубов у детей / С. Таджи, В.К. Сею // *Журнал Ауст. Дентал*. 2010. № 55. С. 358–367.
17. *Hill R.G., Gillam D.G., Chen X.* The ability of nano-hydroxyapatite toothpaste and mouthwash containing fluoride to protect enamel during acid exposure using solid-state 19F NMR spectroscopy // *Mater. Lett.* 2015. No. 156. Pp. 69–71.