

Возможности микрокомпьютерной томографии в диагностике ранних форм кариеса жевательной поверхности постоянных моляров у детей. Часть I

Д.А. ДОМЕНЮК*, д.м.н., доцент

Б.Н. ДАВЫДОВ**, д.м.н., профессор

*Кафедра стоматологии общей практики и детской стоматологии
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава РФ

**Кафедра детской стоматологии и ортодонтии с курсом детской стоматологии ФПДО
ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет» Минздрава РФ

Possibilities of microcomputer tomography in the diagnostics of early forms of caries of a chewing surface of permanent molars in children. Part I

D.A. DOMENYUK, B.N. DAVYDOV

Резюме

Проблемы патогенеза и ранней диагностики кариеса зубов в детском возрасте продолжают оставаться одними из актуальных в современной стоматологии. Особый научно-практический интерес представляет изучение взаимосвязи ранних клинических проявлений фиссурного кариеса у детей в период прорезывания со степенью деминерализации эмали. Цель – оценить возможности метода микрокомпьютерной томографии для совершенствования диагностики ранних форм кариеса жевательной поверхности постоянных моляров у детей.

С использованием высокоразрешающего микротомографа Skyscan 1176 исследованы 83 удаленных по ортодонтическим показаниям моляров детей в возрастной категории 8-11 лет. Из общего числа зубов сформированы группы исследований – зубы без признаков деминерализации и зубы с кариозными поражениями в стадии белого, светло-коричневого, коричневого, черного пятен. На реконструированных 2D- и 3D-изображениях идентифицированы зоны во внешней (0,05-0,5 мм), средней (0,75-1,25 мм) и внутренней (1,5-2,0 мм) трети толщины эмалевого слоя с последующим вычислением усредненных показателей рентгенологической плотности в программе CTvox.

По томограммам зубов исследуемых групп в порядке убывания параметров оптической плотности выявлена следующая последовательность: здоровая эмаль – кариес в стадии белого пятна – кариес в стадии светло-коричневого пятна – кариес в стадии коричневого пятна – кариес в стадии черного пятна.

Унификация метода микрокомпьютерной томографии при воспроизводимости полученных измерений и интерпретации существующих результатов в универсальном общемедицинском формате DICOM, дает возможность применять полученные расчетные величины в работе с конусно-лучевым компьютерным томографом, сократить временные затраты на этапе ранней диагностики патологии твердых тканей зубов кариозной и некариозной этиологии, а также оценивать эффективность проводимой реминерализующей терапии с учетом имеющихся исходных данных.

Ключевые слова: детское население, микрокомпьютерная томография, минеральная оптическая плотность, фиссурный кариес, деминерализация эмали.

Abstract

The problems of pathogenesis and early diagnosis of dental caries in children continue to be among the most pressing in modern dentistry. Of particular scientific and practical interest is the study of the

relationship of early clinical manifestations of fissure caries in children during the period of eruption with the degree of enamel demineralization. Purpose – to evaluate the capabilities of the microcomputer tomography method to improve the diagnosis of early forms of caries of the chewing surface of permanent molars in children.

With the use of the high-resolution microtomograph “Skyscan 1176”, 83 molars of 8-11 years old children were removed according to orthodontic indications. Of the total number of teeth, research groups are formed - teeth with no signs of demineralization, and teeth with carious lesions in the stage of white, light brown, brown, black spots. On the reconstructed 2D and 3D images, zones were identified in the outer (0.05-0.5 mm), middle (0.75-1.25 mm) and inner (1.5-2.0 mm) thirds of the thickness of the enamel layer, followed by calculating averaged radiographic density indices in the CTvox program.

The tomograms of the teeth of the studied groups in order of decreasing optical density parameters revealed the following sequence: healthy enamel - caries in the white spot stage - caries in the light brown spot – caries in the brown spot stage - caries in the black spot.

The unification of the microcomputer tomography method with reproducibility of the obtained measurements and interpretation of the existing results in the universal general medical DICOM format makes it possible to apply the obtained calculated values in working with a conical-beam computer tomograph, to reduce the time costs at the stage of early diagnosis of the pathology of hard tissues of teeth with carious and non-carious etiology, also evaluate the effectiveness of the remineralizing therapy in view of the available baseline data.

Key words: children population, microcomputer tomography, mineral optical density, fissure caries, enamel demineralization.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Метод микрокомпьютерной томографии позволяет получить представление о внутреннем строении зуба как органа ротовой полости, существенно расширив потенциал инструментов количественного и качественного анализа, минимизировав при этом погрешности, связанные с инструментальными способами измерений.

2. В отличие от рентгенографических исследований, микро-КТ позволяет получать 2D-проекции максимальной интенсивности и 3D-реконструкции псевдоцветного объемного рендеринга при минимальной подготовке образцов. Применение 3D псевдоцветного объемного окрашивания в микро-КТ позволяет отчетливо и с высокой степенью точности визуализировать очаги деминерализации зубной эмали от здоровых твердых тканей, имеющих схожие показатели оптической (рентгенологической) плотности.

3. Применение метода микро-КТ, в комплексе с другими специальными методами позволяет утверждать, что фиссурный кариес представляет собой последовательный, постепенно прогрессирующий деструктивный процесс твердых тканей зуба (от очаговой деминерализации до формирования полости), устанавливающий зависимость между выраженностью

внутренних изменений и внешними дефектами.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ, 1998), кариозные поражения зубов у детского населения остаются одной из ключевых проблем современной стоматологии, что обусловлено практически 100% распространенностью данной патологии. В Российской Федерации распространенность кариозных поражений постоянных зубов у школьников 12-летнего возраста варьирует в интервалах 80,7-100% в зависимости от субъекта, а интенсивность, с учетом классификации ВОЗ, представлена практически всеми уровнями – от низкого до очень высокого. В период прорезывания постоянных зубов кариозный процесс наиболее часто локализуется в первых молярах, составляя примерно 57,4% от общего числа прорезавшихся зубов у детей с первой степенью кариозной активности, и 98,6% – у детей с третьей степенью кариозной активности [19].

Вопросы углубленного изучения патогенеза и ранней диагностики кариеса зубов в детском (подростковом) возрасте продолжают оставаться одними из актуальных и полностью неразрешенных задач современной стоматологической науки, так как незавершенность процессов минерализации твердых

тканей после прорезывания значительно повышает риск возникновения кариозных поражений [2, 5, 7, 9, 11, 20].

В зубной эмали, являющейся наиболее минерализованной тканью организма, около 1,2% приходится на органические вещества, 3,8% – на свободную и связанную с кристаллами, органическими соединениями воду, 95% – на минеральные вещества (гидроксиапатит, фторапатит, карбонатапатит и т. д.). Зубная эмаль – бесклеточная ткань, которая при повреждении не способна к регенерации. В эмали непрерывно совершается обмен минеральных ионов, поступающих как из ротовой жидкости, так и со стороны зубных тканей (пульпы, дентина). Процессы реминерализации (поступления ионов) и деминерализации находятся в динамически равновесном состоянии, а сдвиг в ту или иную сторону определяется, в том числе, уровнем pH в ротовой полости на поверхности эмали и концентрацией макро- и микроэлементов в ротовой жидкости. В различные фазы развития зуба эмалевая проницаемость неодинакова. Авторами зафиксирована следующая последовательность проницаемости эмали по мере убывания: непрорезавшийся зуб – молочный (временный) зуб – постоянный зуб молодого человека – постоянный зуб пожилого человека [4, 8, 16, 34].

Окончательная (третичная) минерализация эмали протекает после прорезывания зубов, и наиболее интенсивно – в течение первого года с момента нахождения коронки зуба в ротовой полости. Дальнейшее поступление в эмаль ионов кальция, фосфора из перенасыщенного раствором гидроксиапатита слюны, имеющей слабощелочную реакцию, обеспечивает полноценную (окончательную) минерализацию и высокую резистентность (устойчивость) к действию органических кислот и продуктов жизнедеятельности микробной флоры ротовой полости [3, 6, 10, 13, 18].

Среди ключевых свойств, определяющих способность эмали к минерализации (реминерализации), кариесологи выделяют следующие функциональные особенности: низкая скорость обменных процессов в эмали; высокая ионная проницаемость для минеральных компонентов, аминокислот, витаминов, ферментов при уровне pH более 7,4-7,8; согласованность процессов растворения (деминерализации) и формирования (реминерализации) кристаллов гидроксиапатита за счет их способности к ионному обмену и возможности белков зубной эмали к образованию устойчивых химических связей с гидроксиапатитом; реализация транспорта минеральных веществ через эмаль параллельно в двух направлениях – из крови через пульпу и дентин, а также обратно – из ротовой жидкости в зубную эмаль; создание разницы гидростатического (осмотического) давления между кровью, тканевой жидкостью пульпы, дентинной, эмаливой и ротовой жидкостью, а также термодинамических эффектов (перепадов температур), явлений электроосмоса, обусловленных электрокинетическими процессами на границе «жидкая фаза – твердая фаза» [15, 24].

Раннее выявление начальных форм кариеса у детского населения при сохранности поверхностного слоя и органической эмаливой матрицы, являющейся зоной нуклеации для роста кристаллов гидроксиапатитом, в комплексе с адекватной реминерализующей терапией способствует усилению процессов реминерализации с последующим приостановлением (замедлением) развития кариозного поражения [12, 14].

Фиссурный кариес, занимающий лидирующие позиции в

структуре кариозных поражений зубов, возникает сразу после прорезывания зубов. Доказано наличие прямой корреляционной зависимости между риском возникновения фиссурного кариеса и исходной степенью минерализации зубной эмали [23].

К числу востребованных и требующих своего разрешения относятся вопросы, касающиеся разработки и совершенствования методов диагностики фиссурного кариеса постоянных зубов после прорезывания у детей. Противоречивость имеющихся клинико-диагностических данных обусловлена, с одной стороны, трудностью выявления начальных форм кариозных поражений, из-за специфики анатомической конфигурации и архитектоники жевательной поверхности прорезывавшегося зуба (особенность морфологии строения фиссур; преобладание гипоминерализованных участков над минерализованными; более длительный период гипоминерализации жевательной поверхности в сравнении с гладкими поверхностями зуба; значительная глубина фиссур в условиях гипопародонтоза; аккумуляция пищевых остатков; ретенция микроорганизмов в ямочно-фиссурных зонах с формированием агрессивной зубной биопленки; невозможность физиологической минерализации эмали; постоянное наличие кариесогенных бактерий и легко усвояемых углеводов в ротовой полости), с другой – несогласованностью стандартизированных оценочных критериев при морфологических исследованиях [26].

Одним из современных инновационных методов исследования челюстно-лицевой области является метод конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) с возможностью построения трехмерных изображений [30, 31, 35]. Несмотря на преимущества КЛКТ, по отношению к другим диагностическим методам (получение прецизионной, высококачественной, виртуальной трехмерной модели сканированной области с последующей «нарезкой» аксиальных срезов; минимальная лучевая нагрузка; короткий режим сканирования; соблюдение «золотого стандарта диагностики»; минимальное число артефактов на КЛКТ-томограммах; дистанционное изучение и документирование изображений в файловом формате; обмен данными с другими CAD/CAM/CAE-системами), возможность

детального воспроизведения морфологии и микроструктуры аксиальных срезов ямочно-фиссурных зон жевательной поверхности гипоминерализованных зубов в достаточном объеме отсутствует [1, 21, 25, 27].

В связи со статичностью (неподвижностью) объектов исследования (зубы с различной степенью деминерализации), а также отсутствием лимита радиационной нагрузки, высокоразрешающую, диагностически точную 3D-реконструкцию с возможностью визуализацией всей внутренней трехмерной структуры объекта при полном сохранении образца можно получить с использованием метода микрокомпьютерной томографии (микроКТ). В современной отечественной и зарубежной научно-исследовательской и медицинской практике метод микро-КТ с последующей постобработкой и анализом полученных томограмм вызывает обоснованный интерес не только у клиницистов, но и у специалистов, изучающих вопросы морфологии человека и животных в норме и при патологических состояниях. Внедрение данного метода (подхода) доказало свою состоятельность при решении задач реконструкции прецизионных биологических моделей (анатомических структур) с последующим компьютерным моделированием и исследованием имплантированных объектов в биологические ткани [22, 33].

Среди наиболее значимых преимуществ микрокомпьютерной томографии следует выделить следующие: возможность создания трехмерного (3D) микроскопического изображения морфологии изучаемого объекта, его внутренней микроструктуры (микротекстуры) при субмикронном разрешении; выявление участков патологически измененных тканей и их характеристика; прижизненная динамическая оценка развития патологии и эффективности проводимой терапии на лабораторных животных в режиме реального времени без необходимости проведения эвтаназии в любых контрольных точках эксперимента; изучение фармакологической динамики *in vivo*; визуализация биолюминесцентных и биохимических изменений в живых клетках экспериментальных животных; скрининг PET (positron emission tomography) и SPECT (single photon emission computed tomography) проб; применение, разработка

и подтверждение (валидация) проб и биологических маркеров; отслеживание миграции клеток в условиях *in vitro* и *in vivo*; соблюдение международных нормативно-правовых стандартов, принципов нравственности по гуманному обращению с животными [29, 32].

Кариесологи, опираясь на результаты химического и рентгеноструктурного анализа, в зависимости от степени деминерализации твердых тканей зубов (от меньшего к большему) установили цветовую кодировку минеральной плотности в следующей последовательности: белое, светло-коричневое, коричневое, черное пятно [28].

Внедрение цифровых технологий в клиническую медицину требует интегрированного мульти-системного подхода при анализе диагностических изображений. Введение принципов персонифицированной медицины, с установлением специфичности и чувствительности каждого метода, создаст предпосылки качественного роста от принципа «от простого к сложному» – к принципу «от простого к наиболее эффективному» [17].

Несмотря на опубликованные работы отечественных и зарубежных авторов по изучению форм фиссурного кариеса у детей в период сменного (постоянного) прикуса, с учетом макро- и микроскопических, гистологических, рентгенологических исследований, сведения о применении метода микрокомпьютерной томографии в диагностике и патофизиологических особенностях течения ранних форм кариозных поражений постоянных моляров, единичны и имеют разрозненный характер, что и послужило целью настоящего исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Аржанцев А. П. Рентгенологические исследования в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Атлас. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 320 с.
- Arzhantsev A. P. Rentgenologicheskiye issledovaniya v stomatologii i chelyustno-litsevoy khirurgii. Atlas. – М.: GEOTAR-Media, 2016. – 320 s.
- Базиков И. А., Доменюк Д. А., Зеленский В. А. Оценка микробиологического статуса у детей с аномалиями зубочелюстной системы по результатам бактериологических и молекулярно-генетических исследований // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2014. Т. 9. №4 (36). С. 344-348.
- Bazikov I. A., Domenyuk D. A., Zelenskiy V. A. Otsenka mikrobiologicheskogo statusa u detey s anomaliami zubochelyustnoy sistemy po rezul'tatam bakteriologicheskikh i molekulyarnogeneticheskikh issledovaniy // Meditsinskiy vestnik Severnogo Kavkaza. 2014. T. 9. №4 (36). S. 344-348.
- Базиков И. А., Доменюк Д. А., Зеленский В. А. Полуколичественная оценка кариесогенной микрофлоры у детей с зубочелюстными аномалиями при различной интенсивности морфофункциональных нарушений // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2015. Т. 10. №3 (39). С. 238-241.
- Bazikov I. A., Domenyuk D. A., Zelenskiy V. A. Polukolichestvennaya otsenka karyesogennoy mikroflory u detey s zubochelyustnymi anomaliami pri razlichnoy intensivnosti morfofunktsional'nykh narusheniy // Meditsinskiy vestnik Severnogo Kavkaza. 2015. T. 10. №3 (39). S. 238-241.
- Боровский Е. В., Леонтьев В. К. Биология полости рта. – М.: Медицина, 1991. – 304 с.
- Borovskiy E. V., Leont'yev V. K. Biologiya polosti rta. – М.: Meditsina, 1991. – 304 s.
- Быков И.М., Гильмиярова Ф.Н., Доменюк Д.А. и др. Оценка кариесогенной ситуации у детей с сахарным диабетом первого типа с учетом минерализующего потенциала ротовой жидкости и эмалистой резистентности // Кубанский научный медицинский вестник. 2018. №25 (4). С. 22-36.
- Bykov I. M., Gil'miyarova F. N., Domenyuk D. A. i dr. Otsenka karyesogennoy situatsii u detey s sakharnym diabetom pervogo tipa s uchotom mineralizuyushchego potentsiala rotovoy zhidkosti i emalevoy rezistentnosti // Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik. 2018. №25 (4). S. 22-36.
- Виноградова Т. Ф. Атлас по стоматологическим заболеваниям у детей. Учебное пособие. – М.: МЕДпресс-информ, 2010. – 168 с.
- Vinogradova T.F. Atlas po stomatologicheskim zabolevaniy u detey. Uchebnoye posobiye. – М.: MEDpress-inform, 2010. – 168 s.
- Гильмиярова Ф. Н., Давыдов Б. Н., Доменюк Д. А. и др. Влияние тяжести течения сахарного диабета I типа у детей на стоматологический статус и иммунологические, биохимические показатели сыворотки крови и ротовой жидкости. Часть I // Пародонтология. 2017. Т. XXII. №2 (83). С. 53-60.
- Gil'miyarova F. N., Davydov B. N., Domenyuk D. A. i dr. Vliyaniye tyazhesti techeniya sakharnogo diabeta I tipa u detey na stomatologicheskiiy status i immunologicheskiye, biokhimicheskiye pokazateli syvorotki krovi i rotovoy zhidkosti. Chast' I // Parodontologiya. 2017. T. XXII. №2 (83). S. 53-60.
- Гильмиярова Ф. Н., Давыдов Б. Н., Доменюк Д. А. и др. Влияние тяжести течения сахарного диабета I типа у детей на стоматологический статус и иммунологические, биохимические показатели сыворотки крови и ротовой жидкости. Часть II // Пародонтология. 2017. Т. XXII. №3 (84). С. 36-41.
- Gil'miyarova F. N., Davydov B. N., Domenyuk D. A. i dr. Vliyaniye tyazhesti techeniya sakharnogo diabeta I tipa u detey na stomatologicheskiiy status i immunologicheskiye, biokhimicheskiye pokazateli syvorotki krovi i rotovoy zhidkosti. Chast' II // Parodontologiya. 2017. T. XXII. №3 (84). S. 36-41.
- Давыдов Б. Н., Доменюк Д. А., Гильмиярова Ф. Н. Диагностическое и прогностическое значение кристаллических структур ротовой жидкости у детей с аномалиями окклюзии // Стоматология детского возраста и профилактика. 2017. Т. XXI. №2 (61). С. 9-16.
- Davydov B. N., Domenyuk D. A., Gil'miyarova F. N. Diagnosticheskoye i prognosticheskoye znachenie kristallicheskikh struktur rotovoy zhidkosti u detey s anomaliami okklyuzii // Stomatologiya detskogo vozrasta i profilaktika. 2017. T. XXI. №2 (61). S. 9-16.
- Давыдов Б. Н., Доменюк Д. А., Карслиева А. Г. Системный анализ факторов риска возникновения и развития кариеса у детей с аномалиями зубочелюстной системы (часть I) // Стоматология детского возраста и профилактика. 2014. Т. XIII. №3 (50). С. 40-47.
- Davydov B. N., Domenyuk D. A., Karsliyeva A. G. Sistemnyy analiz faktorov riska vozniknoveniya i razvitiya karyesa u detey s anomaliami zubochelyustnoy sistemy (chast' I) // Stomatologiya detskogo vozrasta i profilaktika. 2014. T. XIII. №3 (50). S. 40-47.
- Давыдов Б. Н., Доменюк Д. А., Карслиева А. Г. Системный анализ факторов риска возникновения и развития кариеса у детей с аномалиями зубочелюстной системы (часть II) // Стоматология детского возраста и профилактика. 2014. Т. XIII. №4 (51). С. 51-60.
- Davydov B. N., Domenyuk D. A., Karsliyeva A. G. Sistemnyy analiz faktorov riska vozniknoveniya i razvitiya karyesa u detey s anomaliami zubochelyustnoy sistemy (chast' II) // Stomatologiya detskogo vozrasta i profilaktika. 2014. T. XIII. №4 (51). S. 51-60.
- Детская терапевтическая стоматология. Нац. рук-во / под ред. В.К. Леонтьева, Л.П. Кисельниковой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 896 с.
- Detskaya terapevticheskaya stomatologiya. Natsional'noye rukovodstvo / pod red. V.K. Leont'yeva, L.P. Kisel'nikovoy. – М.: GEOTAR-Media, 2010. – 896 s.
- Доменюк Д. А., Давыдов Б. Н., Ведешина Э. Г. Комплексная оценка архитектоники костной ткани и гемодинамики тканей пародонта у детей с зубочелюстными аномалиями // Стоматология детского возраста и профилактика. 2016. Т. XV. №3 (58). С. 41-48.
- Domenyuk D. A., Davydov B. N., Vedeshina E. G. Kompleksnaya otsenka arkhitektioniki kostnoy tkani i gemodinamiki tkaney parodonty u detey s zubochelyustnymi anomaliami // Stomatologiya detskogo vozrasta i profilaktika. 2016. T. XV. №3 (58). S. 41-48.

Полный список литературы
находится в редакции
Поступила 30.10.2018

Координаты для связи с авторами:
355017, г. Ставрополь, ул. Мира,
д. 310
E-mail: domeniyukda@mail.ru