

Нарушения ультраструктуры и макро- и микроэлементного состава твердых тканей зубов при кариесе у больных гипотиреозом и без патологии щитовидной железы

Т.В. ПАВЛОВА, Э.К. ПЕШКОВА, И.Ю. ГОНЧАРОВ, Д.А. КОЛЕСНИКОВ, А.В. НЕСТЕРОВ

ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород

Impairments in the ultrastructure and macro- and microelement composition of hard tooth tissues in caries in patients with hypothyroidism and in those without thyroid disease

T.V. PAVLOVA, E.K. PESHKOVA, I.YU. GONCHAROV, D.A. KOLESNIKOV, A.V. NESTEROV

Belgorod State National Research University

Проведено исследование удаленных зубов у пациентов с гипотиреозом с использованием электронной и атомно-силовой сканирующей микроскопии. Этот метод позволяет получить расширенные морфометрические характеристики. Выявлены поверхностные и внутренние изменения эмали, дентина и цемента интактных зубов и зубов с кариозным процессом у пациентов при гипотиреозе. Изучен макро- и микроэлементный состав зубов. При гипотиреозе уровень резистентности ткани зуба зависит от однородности структуры эмали и дентина.

Ключевые слова: эндокринопатии, гипотиреоз, кариес, микроэлементный состав ткани зуба.

Extracted teeth were studied in patients with hypothyroidism, by applying electron and atomic force microscopy. This method allows one to have extended morphometric characteristics. The patients with hypothyroidism were found to have superficial and internal changes in the enamel, dentin, and cement of intact and carious teeth. The macro- and microelement composition of teeth were investigated. In hypothyroidism, the resistance of dental tissue depends on the homogeneous structure of enamel and dentin.

Key words: endocrinopathy, hypothyroidism, caries, tooth trace element composition.

Изучение эндокринных заболеваний приобретает все большее значение в практическом здравоохранении в связи с неуклонным ростом их частоты. При этом лишь единичные публикации посвящены структурным изменениям зубов у пациентов с различными типами данной патологии. В отдельных исследованиях показана взаимосвязь патологии эндокринной системы с изменениями, происходящими в полости рта [3, 4]. Известно, что нарушение продукции гормонов щитовидной (ЩЖ) и паращитовидных желез влияют на минеральный состав костей, в том числе и радикулярной пластинки лунки зуба [1, 2, 5].

Целью исследования явилось изучение нарушений ультраструктуры и содержания микроэлементов твердых тканей интактных и пораженных кариесом зубов у больных гипотиреозом и без патологии ЩЖ.

Материал и методы

Изучены удаленные зубы жевательной группы с наличием и отсутствием кариозного процесса у пациентов в

возрасте от 25 до 45 лет. Образцы были разделены на 3 группы: 1-я — 18 зубов без кариозного процесса, 2-я — 20 зубов с наличием кариозного процесса без патологии ЩЖ и 3-я — 20 зубов с кариозным процессом у больных гипотиреозом. Образцы промывали изотоническим раствором натрия хлорида, удаляли остатки крови и мягких тканей. Затем перед проведением микроскопических исследований делали продольный или поперечный распил зубов. Далее поверхности образцов обрабатывали с помощью геля для травления эмали и дентина. Полученные образцы зубов исследовали в растровом электронном микроскопе FEI Quanta 200 3D и FEI Quanta 600 FEG. Макро- и микроэлементный анализы были сделаны с использованием детектора для регистрации спектров характеристического рентгеновского излучения фирмы «ЕРАХ». Детекторы интегрировали с растровым электронным микроскопом Quanta 600 FEG. Исследование основано на возникновении непрерывного флуоресцентного излучения при бомбардировке исследуемых образцов пучком первичных рентгеновских лучей.

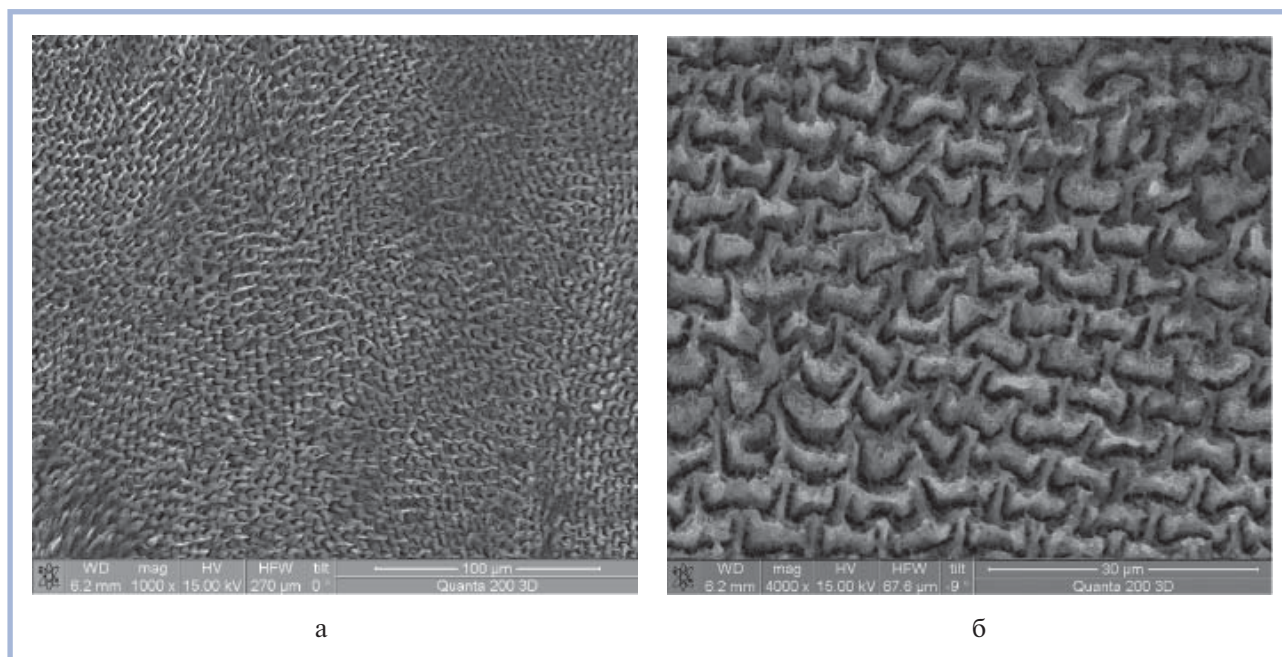


Рис. 1. Структура эмали интактного зуба. Растровая электронная микроскопия.

а — $\times 1000$, б — $\times 4000$.

Важным методом является рентгеноспектральный анализ микрообъемов вещества. Основу микроанализатора составляет микрофокусная рентгеновская трубка, объединенная с оптическим металл-микроскопом. При этом специальная электронно-оптическая система формирует тонкий электронный зонд, который бомбардирует небольшую (площадь примерно 1—2 мкм) область исследуемого шлифа, помещенного на аноде, и возбуждает рентгеновские лучи, спектральный состав которых далее анализируется с помощью спектрографа с изогнутым кристаллом. Такой прибор позволяет проводить рентгеноспектральный анализ шлифа определенной в точке на наличие нескольких элементов или исследовать распределение одного из них вдоль выбранного направления. Электронный зонд позволяет исследовать заданную площадь поверхности анализируемого образца и наблюдать на экране монитора увеличенную в десятки раз картину распределения химических элементов на поверхности шлифа. Абсолютная чувствительность метода 10^{-13} — 10^{-15} г. Погрешность при элементном анализе составляет 0,2—0,25% (по концентрации). Проведено изучение следующих макро- и микроэлементов: углерода, азота, кислорода, натрия, магния, фосфора, серы, калия, кальция, фтора, кремния, хлора.

Для изучения образцов при помощи зондовой сканирующей (атомно-силовой) микроскопии после целевого просмотра проводили съемку и морфометрический анализ. Исследование выполняли в режиме постоянного или прерывистого контакта на приборе Ntegra-Aura («НТ-МДТ», Зеленоград, Россия) с использованием коммерческих Si- или SiN-кантилеверов (NSG01, «НТ-МДТ», Россия) в условиях атмосферы и низкого вакуума. Для исследования поверхности свежего скола в качестве подложки использовали слюду (мусковит) или высокоориентированный пиролитический графит (пирографит). Обработ-

ку и построение АСМ-изображений проводили при помощи программного обеспечения NOVA («НТ-МДТ», Россия) и ImageAnalysis («НТ-МДТ», Россия).

При обследовании полости рта пациентов было установлено, что количество зубов, пораженных кариесом, на $36\pm 3\%$ выше в 3-й группе больных гипотиреозом, чем во 2-й группе без патологии ЩЖ. При этом отмечалась специфическая локализация кариозного процесса в пришеечной области.

Результаты

При макроскопическом исследовании 1-й (контрольной) группы установлено, что поверхность эмали гладкая, блестящая. Анатомическая структура коронки зуба не изменена, поверхностные дефекты отсутствовали. Во 2-й и 3-й группах с кариозным процессом обнаруживали налет на поверхности эмали и ее шероховатость, изменение рельефа эмали, тусклый оттенок, кариозные полости с эмалю, переходящие в дентин. В некоторых случаях кариес из пришеечной области распространялся на цемент корня. На образцах группы с кариозным процессом дентин прослеживался в виде ровного, плотного слоя ткани зуба с желтоватым оттенком. При анализе дентина выявляли полости различной величины, выполненные размягченной тканью темного цвета.

В 1-й группе на продольном срезе эмали интактного зуба электронный микроскоп позволяет четко визуализировать ее ориентированную структуру. Эмалевые призмы, плотные по своей структуре, имели S-образные изгибы, расходящиеся радиально на всю толщу эмали. У них постоянная структура в виде упорядоченных шестигранных с аркообразной формой призм. Они плотно прилегали друг к другу, напоминая граненое цилиндрическое волокно, имеющее правильную форму (рис. 1).

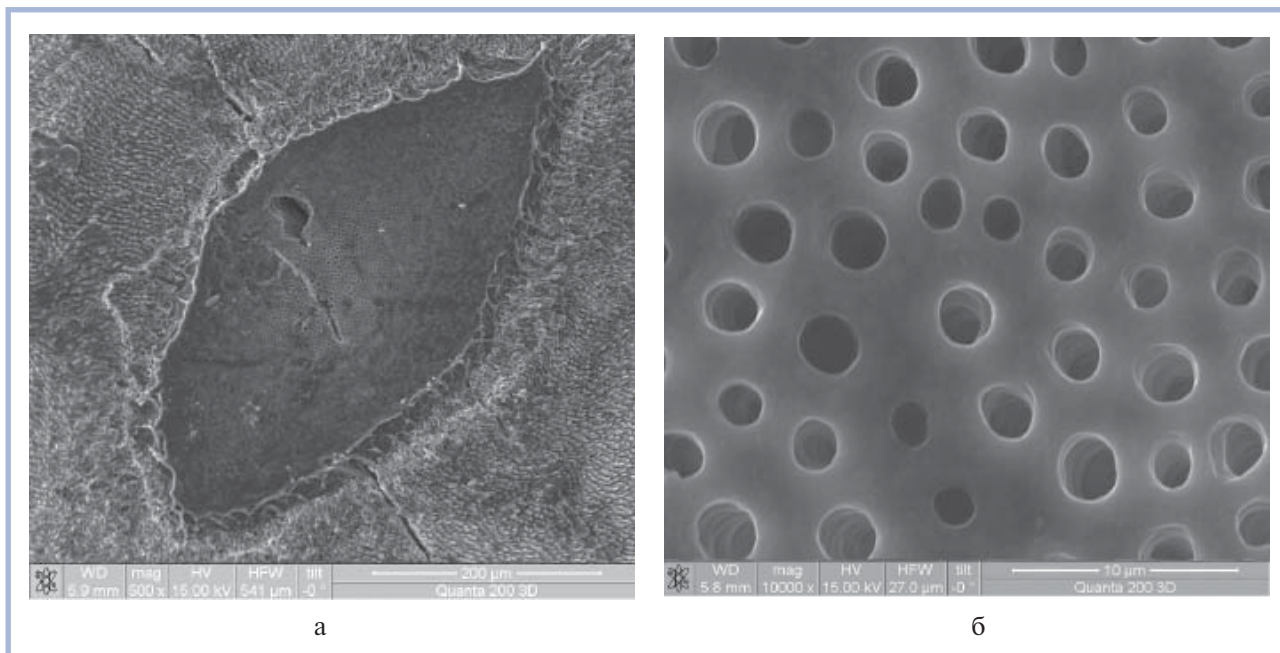


Рис. 2. Структура дентина интактного зуба. Поперечный срез. Канальцы округлые, приблизительно одинакового диаметра. Растровая электронная микроскопия.

а — $\times 500$, б — $\times 10\,000$.

При изучении продольного среза эмаливо-дентинной границы была исследована структура дентинных трубочек (канальцев). Дентин по своему строению напоминал грубоволокнистую костную ткань, состоящую из основного вещества, пронизанного большим количеством дентинных канальцев. Их поперечный срез отражает состояние интактного дентина (рис. 2). Канальцы имели четкую округлую или овальную форму диаметром 0,0015—0,004 мм, содержали отростки одонтобластов, сужались по направлению к эмаливо-дентинному соединению. В периферическом отделе корневой части пульпы располагались тела одонтобластов. Отмечалось плавное соединение эмали и дентина.

При рассмотрении кариозного процесса твердых тканей зуба у больных 2-й и 3-й групп выявлены следующие изменения. Так, при изучении изображения эмали в зоне кариозного процесса обнаружено изменение формы эмалевых призм. Происходило утолщение эмалевых призм и их разрушение. При затрагивании кариозным процессом дентина ткань теряла свою плотную структуру. Дентинные канальцы деформировались и их диаметр расширялся. Канальцы разрушались, сливались между собой в области эмаливо-дентинной границы. В интактных тканях зуба данное соединение плотное, без нарушения целостности границ. Однако при патологическом процессе происходило разобщение эмаливо-дентинного соединения.

При топографическом анализе поверхности эмали с помощью зондовой сканирующей микроскопии было выявлено, что у образцов контрольной группы наблюдается достаточно ровный контур поверхности, выявляются поры как места открытия эмалевых призм. Данные поры имеют четкие ровные контуры диаметром до $0,0005 \pm 0,00004$ мм. При наличии патологического процесса их диаметр составлял во 2-й группе $0,0006 \pm 0,00008$ мм, а в 3-й — $0,0007 \pm 0,00009$ мм. Поры имели неправильный

рисунок. При этом в единице объема $0,005 \times 0,005 \times 0,005$ мм³ обнаруживается наличие нескольких пор, что не характерно для контрольной группы. Выявлено, что даже в области визуально не измененной эмали на зубах с кариозным процессом имеется изменение микрорельефа (рис. 3). Шероховатость поверхности эмали видна во всех группах, в том числе и участках, макроскопически выглядящих не измененными, но больше выражена во 2-й и 3-й группах.

Отличия видны на трехмерном изображении цемента, полученном с помощью атомно-силовой микроскопии (рис. 4). Поверхность корня зуба покрыта от шейки до верхушки бесклеточным цементом толщиной $1,0 \pm 0,1$ мм. Меньшую площадь занимает клеточный цемент толщиной около 1 мм. Он находится в местах наиболее активного роста корней (область бифуркации, трифуркации, верхушки корня). У пациентов с патологией ЦЖ слой бесклеточного цемента несколько тоньше ($0,015$ — $0,03$ мм).

При изучении макро- и микроэлементного состава установлено, что кальций, фосфор, кислород, калий, натрий, магний, фтор и азот представлены в определенных пропорциях во всех твердых тканях зуба (табл. 1, 2).

Наиболее показательными в данном исследовании являются изменения содержания кислорода, кальция и фосфора. Основным элементом здоровой эмали зуба является кальций, на него приходится $42,21 \pm 1,57$ об.%. Уровень кальция в дентине $40,37 \pm 1,11$ об.%, что также составляет большую долю. Количество кальция в пораженной кариесом эмали снижается в 4 раза и составляет $10,52 \pm 2,14$ об.%, в дентине — в 7 раз и равно $5,7 \pm 2,38$ об.%. Если нормальное соотношение кальция и фосфора составляет 2, то в тканях, пораженных кариозным процессом, оно снижается до 1,08. При гипотиреозе содержание кальция в эмали в зоне кариеса было $16,26 \pm 2,57$ об.%, в эмали визуально не пораженной — $37,75 \pm 1,45$ об.%, в дентине в

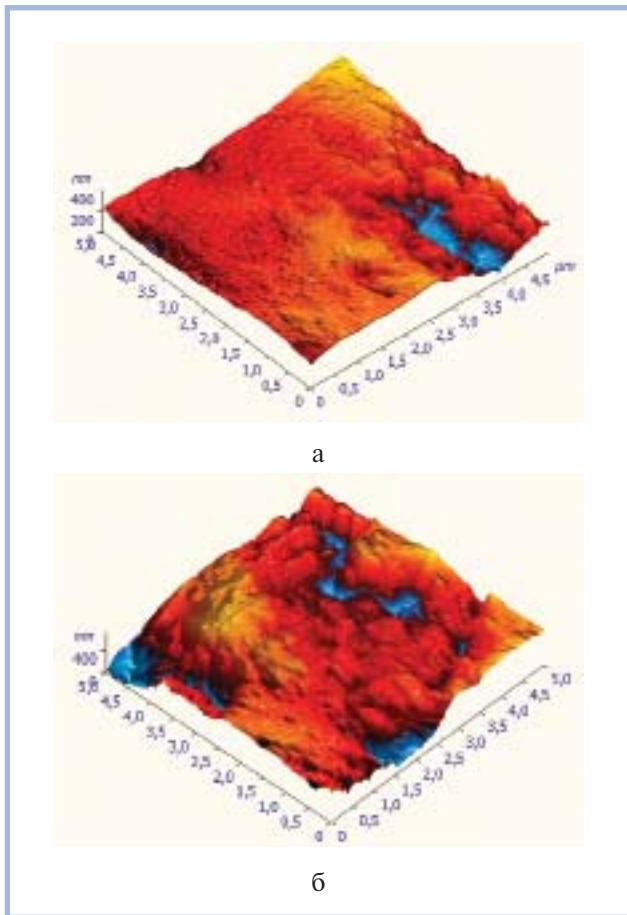


Рис. 3. Трехмерное изображение эмали, полученное с помощью зондовой микроскопии.

а — эмаль интактного зуба, б — эмаль зуба с кариозным поражением, но визуально не измененная.

зоне кариеса — $13,76 \pm 2,86$ об.%, в дентине, визуально не пораженном, — $29,18 \pm 1,67$ об.%. Содержание фосфора в данной группе соответственно $14,53 \pm 2,31$, $19,29 \pm 0,59$, $11,13 \pm 2,64$ и $16,50 \pm 0,87$ об.%. При этом достоверные раз-

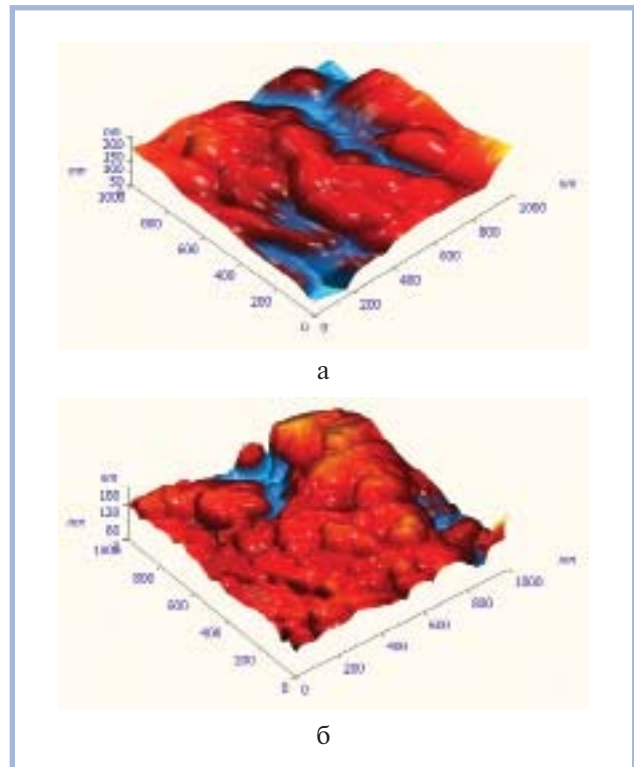


Рис. 4. Трехмерное изображение цемента, полученное с помощью зондовой атомно-силовой микроскопии.

а — цемент в области кариозного процесса, б — цемент интактного зуба.

личия были выявлены во 2-й и 3-й группах в области дентина в зоне кариеса.

Заключение

Таким образом, количество зубов, пораженных кариесом, выше в группе больных гипотиреозом. Выявлена специфическая локализация кариозного процесса в пришеечной области. При помощи сканирующей микроско-

Таблица 1. Макро- и микроэлементный состав (в %) тканей здоровых и пораженных кариесом зубов у пациентов без патологии ШЖ

Элемент	Здоровый зуб		Пораженный кариесом зуб			
	эмаль	дентин	эмаль в зоне кариеса	эмаль, визуально не пораженная	дентин в зоне кариеса	дентин, визуально не пораженный
O	$35,76 \pm 1,12^*$	$37,65 \pm 2,15^*$	$68,13 \pm 2,35^*$	$36,85 \pm 1,23^*$	$45,4 \pm 2,67^*$	$43,73 \pm 1,46^*$
Na	$0,58 \pm 0,16$	$0,76 \pm 0,15$	$0,83 \pm 0,22$	$1,17 \pm 0,12$	$0,34 \pm 0,19$	$1,66 \pm 0,2$
F	$0,024 \pm 0,003$	$0,028 \pm 0,002$	$0,015 \pm 0,004$	$0,017 \pm 0,003$	$0,019 \pm 0,005$	$0,021 \pm 0,002$
Mg	$0,11 \pm 0,05^*$	$0,26 \pm 0,06^*$	$1,9 \pm 0,075^*$	$0,57 \pm 0,08^*$	$0,21 \pm 0,06^*$	$1,33 \pm 0,05^*$
Si	—	—	$5,05 \pm 2,4$	—	$41,95 \pm 3,36$	—
P	$20,01 \pm 0,27^*$	$19,83 \pm 0,34^*$	$9,67 \pm 1,4^*$	$19,85 \pm 0,73^*$	$4,6 \pm 1,8^*$	$17,70 \pm 1,0^*$
S	—	—	$3,14 \pm 1,23$	—	$1,57 \pm 0,19$	—
Cl	$0,85 \pm 0,18^*$	$0,71 \pm 0,19^*$	$0,18 \pm 0,07^*$	$0,55 \pm 0,06^*$	0,00	$0,21 \pm 0,23^*$
K	$0,45 \pm 0,05$	$0,38 \pm 0,15$	$0,56 \pm 0,11$	$0,46 \pm 0,08$	$0,22 \pm 0,17$	$0,41 \pm 0,13$
Ca	$42,21 \pm 1,57^*$	$40,37 \pm 1,11^*$	$10,52 \pm 2,14^*$	$40,53 \pm 1,14^*$	$5,7 \pm 2,38^*$	$34,95 \pm 2,84^*$

Примечание. Здесь и в табл. 2: * — различия достоверны по отношению к 1-й группе ($p < 0,05$).

Таблица 2. Макро- и микроэлементный состав (в %) эмали и дентина здоровых и пораженных кариесом зубов у пациентов с гипотиреозом

Элемент	Здоровый зуб		Пораженный кариесом зуб			
	эмаль	дентин	эмаль в зоне кариеса	эмаль, визуально не пораженная	дентин в зоне кариеса	дентин, визуально не пораженный
O	39,84±1,26*	47,10±1,19*	66,52±2,15*	40,24±0,85*	59,38±1,28*	51,67±1,84*
Na	1,09±0,21	0,6±0,14	0,69±0,23	0,54±0,19	0,63±0,28	0,39±0,16
F	0,020±0,002	0,021±0,003	0,010±0,003	0,015±0,002	0,011±0,004	0,019±0,002
Mg	0,36±0,05*	0,9±0,18*	0,11±0,08*	0,14±0,04*	0,48±0,23*	0,36±0,12*
Si	1,02±0,33	0,74±0,28	0,91±0,57	0,97±0,20	11,97±2,35	0,77±0,43
P	18,88±0,93*	16,69±1,14*	14,53±2,31*	19,29±0,59*	11,13±2,64*	16,50±0,87*
S	0,06±0,03	0,6±0,2	0,23±0,14	0,16±0,08	0,92±0,32	0,51±0,27
Cl	0,25±0,11*	0,18±0,06*	0,31±0,76*	0,42±0,15*	0,33±0,12*	0,26±0,14*
K	0,33±0,17	0,34±0,09	0,43±0,13	0,48±0,12	0,41±0,22	0,34±0,11
Ca	38,15±2,16*	32,83±1,16*	16,26±2,57*	37,75±1,45*	13,76±2,86*	29,18±1,67*

пии в данной группе отмечается обнажение дентина при повышенной стираемости эмали с последующим раскрытием дентинных канальцев и увеличением их диаметра. Выявлена потеря цементного слоя и прилежащего дентина при незначительных изменениях в эмалевом слое. Отмечено, что даже в области визуально не измененной эмали на зубах с кариозным процессом имеется изменение микрорельефа эмали.

При изучении макро- и микроэлементного состава обнаружено, что в участках поражения кариесом наблюдается снижение содержания солей кальция, фосфора, фтора в сохранившихся твердых тканях зуба при уменьшении резистентности эмали и дентина. Достоверные различия в содержании кальция и фосфора выявлены в области дентина в зоне кариеса как у больных гипотиреозом, так и у пациентов без патологии ЩЖ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляя Ж.Е., Рожинская Л.Я., Мельниченко Г.А. Современное представление о действии тиреоидных гормонов и тиреотропного гормона на костную ткань. Проблемы эндокринологии. 2006; 2 (52): 48—52.
2. Пешкова Э.К., Павлова Т.В. Проблемы патологии щитовидной железы в стоматологии. Lambert Academic Publishing; 2011. 60 с.
3. Пешкова Э.К., Павлова Т.В., Колесников Д.А. Клинические наблюдения и анализ стоматологического статуса у пациентов с заболеваниями щитовидной железы. Фундаментальные исследования. 2012; 4 (1): 97—100.
4. Long J.H., Tan W.Y., Jiang R.W., Zhang Y.Z. Experimental study on gelatin/polycaprolactam composite nanofiber scaffold in wound healing. Zhonghua Shao Shang Za Zhi. 2008; 24 (1): 42—4.
5. Pompili A., Caroli F., Carpanese L., Caterino M., Raus L., Sestili G., Occhipinti E. Cranioplasty performed with a new osteoconductive osteoinducing hydroxiapatite-derived material. J. Neurosurg. 2008; 89 (2): 236—42.

Поступила 02.07.2013