

Контакты

Точка зрения



Мы продолжаем начатую нами тему об особенностях строения эмали и формообразования зубов человека с точки зрения спиральной биосимметрии, которая позволяет лучше рассмотреть скрытые от обычного взора биомеханические свойства зубных тканей и расширить горизонт их изучения. В предыдущих публикациях в журнале «ДентАрт» (№2, №3 за 2010 год) основной акцент был поставлен на минимальное вмешательство во внутреннюю среду зубов со сложнейшей степенью организации и удивительной компактностью структурных элементов эмали. Многогранные свойства эмали позволяют обеспечивать полноценное функционирование каждого зуба как органа, как живой единицы, лишь в едином комплексе тканей объединенных в понятие зубочелюстной системы, а ее сохранение служит важным индикатором здоровья всего организма человека. В этой статье обсуждаются вопросы возможной репаративной регенерации в стоматологии настоящего и будущего, а также перспективы развития биотехнологий и их положительные и отрицательные стороны.

Продолжение...

Начало статьи читайте в журнале «ДентАрт» №4 за 2010 год и № 1, 2, 3 за 2011 год.

Между Сциллой и Харибдой

Сохранившиеся до наших дней сокровенные знания человечества на истлевших страницах древней истории в форме сказаний, легенд и мифов убеждают нас, что присутствующий в них символизм обладает глубочайшим смыслом, во многом нам еще

недоступным и отчасти утерянным в суете бытия. Хотя до сих пор бытует мнение, что доисторические взгляды на природные явления обладали неким примитивизмом, так как все происходящие события воплощались человеческой фантазией в аллегорические символы,

«Море слов сокровенного смысла полно, этот смысл я читать научился давно. Но когда размышляю о тайнах Вселенной, понимаю, что мне их прочесть не дано»

Авиценна

отразившиеся и в изобразительном, орнаментальном и других видах искусства у многих народов. Бесплезно повторять, писала Е. П. Блаватская, то, о чем мы часто говорили, и то, что должен бы знать каждый ученый, а именно: что квинтэссенция древних знаний находилась в руках священнослужителей, которые никогда не записывали ее, и в руках тех «посвященных», которые, подобно Платону, не осмеливались записать ее. Ведь символы — это универсальное средство выражения многих вещей и явлений. Они остаются значимыми много тысяч лет. И каждый берет из символа только то, что он понял, и только то, что он может из него уяснить.



Рис. 1. Джованни Боттала (1613-1644). Девкалион и Пирра (1635). Национальный музей изящных искусств, Рио-де-Жанейро. Согласно древнегреческой мифологии, Девкалион, сын Прометея, и его жена Пирра были единственными людьми, спасшимися во время всемирного потопа на вершине горы Парнас. Из брошенных Девкалионом камней произошли мужчины, а из брошенных Пиррой — женщины. В основных чертах сюжет весьма близок с шумерским, вавилонским и другими, включая и ветхозаветный миф о Ное. Одна из современных интерпретаций трактует события, описанные в мифе, как краткий послепотопный миг, когда кастовые законы были отменены и количество людей резко увеличилось³

7,5 до 9 тыс. лет. Уже тогда зубы лечили при помощи кремниевых сверл, а это почти на 4 тыс. лет раньше, чем предполагалось. После 15 веков применения такого метода лечения, около 5500 года до н. э., старинные секреты зубо врачевания, по видимому, были утеряны. В более поздних захоронениях ученые не нашли и следа подобных операций.

Было бы несправедливо утверждать, что в настоящее время «символизм» не используется для передачи информации, например научной, для более легкого и доступного ее восприятия не специалисту. «Научное знание трудно сообщить не ученому: слишком многое надо объяснять прежде, чем дойдешь до существа дела». Скорее инструмент и форма передачи информации многократно усложнились (фото, телевидение, Интернет и т. д.), а понимание ее смысла зависит нередко от возраста аудитории, накопленного багажа знаний и жизненного опыта, специальной подготовки.

Было бы несправедливо утверждать, что в настоящее время «символизм» не используется для передачи информации, например научной, для более легкого и доступного ее восприятия не

Опыт человечества, накопленный за многовековую историю, показывает, что многие факты, которые до сих пор еще недостаточно изучены, были известны и использовались уже в древние времена. Особенно изумляют поразительные медицинские познания людей каменного века. Ведь нейрохирургические вмешательства и сей час остаются одной из самых сложных операций в медицине, а их проводили еще 7 тыс. лет назад, и довольно успешно: в 70-80% случаев больные оставались в живых. В Пакистане были обнаружены следы древнейших в мире стоматологических операций, так как возраст найденных зубов составляет от

специалисту. «Научное знание трудно сообщить не ученому: слишком многое надо объяснять прежде, чем дойдешь до существа дела». Скорее инструмент и форма передачи информации многократно усложнились (фото, телевидение, Интернет и т. д.), а понимание ее смысла зависит нередко от возраста аудитории, накопленного багажа знаний и жизненного опыта, специальной подготовки.

Как принято думать, на смену «мистическим» истолкованиям природы именно в культуру древней Греции впервые приходят представления о спонтанном самозарождении жизни, появляются зачатки эволюционных идей. Доподлинно лишь известно, что уже Фалес* наставлял своего ученика Пифагора «преклоняться перед Египтом», где вся мудрость мира сокрыта.

Необходимо напомнить, например, об упомянутом нами ранее (ДентАрт No 3, 2011 — часть IV) трактате Ямвлиха «Пифагор» конца II века н. э., где говорилось, что Пифагор владел некими знаниями, полученными от «посвященных», которые он потом развил в своей духовной школе. Философия пифагорейцев оказала влияние на многие поколения мыслителей, бросив семена более древнего мировоззрения в благодатную почву греческой мысли. Например, Эмпедокл (490-430 гг. до н. э.), древнегреческий философ, врач, основоположник сицилийской медицинской школы, был убежден, что первые живые существа возникли из четырех элементов мировой материи (огонь, воздух, вода и земля).



Рис. 2. Диего Веласкес (1599-1660 гг.). Демокрит (между 1628-1629 гг.). «Действительность скрыта в потаенном месте, точно вода в глубоком бездонном колодце» (Демокрит)

Демокрит (460-370 гг. до н. э.), один из основателей античной атомистики, считал, что мир состоит из множества мельчайших движущихся частиц — атомов, и действия механических сил самой природы приводят к самозарождению живых существ из ила и воды. По Платону (427-347 гг. до н. э.), все живые существа образуются в результате соединения пассивной материи с активным началом (формой), представляющим собой душу, которая затем движет организмом. В представлении Аристотеля (384-322 гг. до н. э.), все растения и животные возникают из неживого материала. Краткая и точная мысль странствующего поэта и философа Ксенофана (ок. 580-ок. 485 гг. до н. э.), что «все мы родились из земли и воды», попрежнему остается современной для научного мира, лишний раз доказывающей правоту и дальновидность древних.

Несомненно, наука сделала невероятное

множество открытий, объясняющих нам механизм различных явлений в природе, но до сих пор «часть истории, предшествующая возникновению простейшего организма, то есть моменту появления аппарата управляемого и воспроизводимого биосинтеза, находится под плотным покровом тайны». И главное, нет указаний на биологические структуры, которые можно было бы

уверенно рассматривать как рудименты предбиологической эволюции.

Незримый Архитектор

Только спустя более 2000 лет после всплеска живительного родника

древнегреческой мысли В. И. Вернадский в начале 20 х годов XX века сформулировал и обосновал идею о геологической вечности жизни и впервые раскрыл и доказал геохимическую роль живого вещества и человека на планете. В последующие десятилетия и другие ученые предлагали схожие модели возникновения жизни на Земле.9 Итогом многих исследований стало положение о том, что не существует в природе четкого и ясного разграничения на живое и неживое вещество. В чем же заключается столь тесная взаимосвязь между двумя формами материи? Может быть, ответ на этот вопрос кроется в том, что природа рациональна и экономична, а мир движется от простого к сложному. Хорошо известно, что для природы характерно закономерное развитие, выживание тех организмов, которые устроены наиболее гармонично (целесообразно). В настоящее время общепризнано, что тремя существенными предпосылками для образования живых структур являются метаболизм, самовоспроизведение и мутации. Под мутациями пони имеют определенный темп ошибок; считается, что их наличие является важным условием эволюционного прогресса.

Однако несмотря на то, что за длительную историю биологической эволюции возникло богатейшее разнообразие форм жизни на Земле, главные молекулярные механизмы, с их исключительной сложностью, у современных организмов одни и те же. Так, код для «перевода» текста РНК в последовательность белка всюду практически одинаков, а набор аминокислот везде один и тот же. Специалисты задались целью раз решить столь непростую головоломку. Если молекулы органических соединений — это наилучшие в природе вещества, необходимые для жизни, то зарождение самой жизни должно было начаться с наиболее доступной и часто встречающейся формы самосборки — спонтанной кристаллизации простых, распространенных мономеров. Все эти рассуждения привели ученых к кристаллам глины. Они обладают основным типом строения и высокой степенью периодичности, и в то же время для структуры кристаллов характерно наличие дефектов. Присутствие дефектов в кристаллах может приводить к образованию множества стабильных альтернативных конфигураций, и это делает их потенциально высокоинформационными, что следует понимать как некое подобие генов. Под термином ген подразумевается хорошо упорядоченное образование из многочисленного объединения атомов с целью хранения информации. Большинство глины образовано стопкой слоев, и тот же принцип формообразования присутствует и в хромосомах клеток — компактных природных наноупаковках с закодированной информацией обо всех свойствах и форме будущего живого организма. Хромосомы принимают участие в процессах транскрипции и редупликации, а также выполняют функцию распределения и переноса генетического материала в дочерние клетки (рис. 3).

«Самые первые системы, способные эволюционировать под действием естественного отбора, видимо, были устроены иначе, чем современные организмы, и имели иной состав. Ими могли быть кристаллы глины»

А. Дж. Кернс-Смит

Но примитивные гены представляли собой микрокристаллические минералы, отличные от

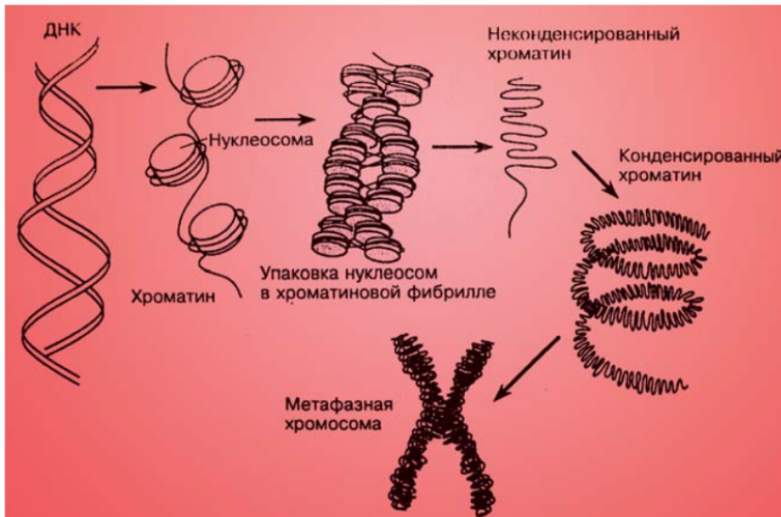


Рис. 3. Организация хроматина (комплекс ядерной ДНК с белками) в хромосоме. Хроматин состоит из структурных единиц, разделенных интервалами в 200 пар оснований. Во время митоза в результате плотной упаковки нуклеосом хроматин полностью конденсируется, формируя видимые хромосомы¹³



Рис. 4. Падающий метеорит. «Это зрелище всегда было необычно и нашло отражение в древних легендах и мифах. Сказание, например, о Золотом руне истолковывается как описание яркого болида, пролетевшего от Геллеспонта до Колхиды, куда отправились искать его аргонавты в середине второго тысячелетия до новой эры»¹⁵

молекулы способны оказывать сильное влияние на форму и размер неорганических кристаллов, подавляя рост не которых их граней. Это могло иметь особо большое значение для контролируемой репликации кристаллических генов, что в свою очередь позволяло в определенных условиях «приспосабливать» размер и форму в зависимости от внешних фактов. Важно подчеркнуть, что самоорганизующиеся молекулярные агрегаты, обычно встречающиеся в природе, образуют слоистые и гексагональные структуры. Еще Демокрит в своих наблюдениях пришел к мысли, что «ни одна вещь не возникает беспричинно, но все возникает на каком нибудь основании и в силу необходимости».

слоистых силикатов, то есть «глин» в более широком понимании этого слова. Как уже было отмечено, природа идет по пути усложнения и никогда не позволяет себе ничего лишнего. Ничто в ней не сложнее, чем это необходимо. Тогда к чему, например, такие изощренно сложные линии на ладонях и причудливые папиллярные завитки на пальцах? «Не напоминает ли это галактику или хотя бы звездную туманность? Все гораздо проще. Галактические письмена на наших ладонях!»

Изучение углеродсодержащих метеоритов, столь же древних, как и сама Солнечная система, показало, что в них одновременно присутствуют и глины, и органические вещества (рис. 4). Попадание подобных «инкубаторов» или космических наночастиц — бакиболлов («перевозчиков» органических соединений) в далеком прошлом на поверхность Земли могло стать отправной точкой начала жизни, навсегда изменившей нашу планету. Ученым стало известно, что некоторые из органических молекул обладают повышенным сродством с глинами, благодаря чему часто изменяются и физические свойства геля глины. Кроме того, органические

Таким образом, неорганические глины могли служить своего рода опорой или каркасом, на



Рис. 5. Микеланджело да Караваджо. Уверение Фомы (1601 - 1604 гг.).
«Истина бывает часто настолько проста, что в нее не верят». Ф. Левальд

котором геохимический генетический материал был постепенно замещен органохимическим, что и стало весомым толчком для построения «в староглиняные времена» самых первых примитивных организмов. Однако в настоящее время нигде — ни в природе, ни в лабораторных условиях — возникновение живых организмов непосредственно из неживой материи не наблюдается (рис. 5).

Эмаль — Nano incognita?

«Искусство природы в производстве мелких деталей безгранично и пока превышает искусство человека»

Акад. Д. С. Рождественский

Насколько совершенным оказался этот механизм, действующий, по видимому, и сегодня, мы можем убедиться, обратившись к результатам исследований, проведенных в свое время В. Р. Окушко и А. В. Мелехиным (1981). Изучая методом морфометрии изменение объема микропространств дентина и глубоких слоев эмали, они доказали, что под влиянием функциональной нагрузки происходит значительное расширение микроциркуляторного русла в твердых тканях зубов. Оказалось, что воздействие внешнего фактора вызывало ответную реакцию в виде увеличения объема, занимаемого дентинными трубочками, в среднем на 51-56%, а доля эмалевых пучков, пластинок и веретен возрастала на порядок. Авторы пришли к выводу о наличии адаптационных процессов в нагруженных участках эмали и дентина, способствующих более быстрому продвижению минеральных компонентов из полости зуба в наружные стирающиеся слои эмали.

Подобные процессы ремоделирования внутренней архитектуры, как известно, происходят и в костном скелете. В конце XIX века В. Ру экспериментально доказал, что ткань кости нуждается в напряжении как обязательном предварительном условии для ее существования. Им, в частности, было отмечено, что функциональная нагрузка стимулирует рост и развитие костной ткани в том месте, где давление и напряжение максимальны, и наоборот, там, где нет никакого давления и напряжения, кость исчезает и образуются костные полости. Думаем, что не следует полностью игнорировать роль недостаточной функциональной нагрузки на зубные ткани — наряду с теми известными разрешающими факторами, которые приводят к образованию очагов деминерализации в эмали.

Несмотря на долгую историю изучения взаимодействия живой системы и системы внешних сил, к настоящему моменту еще полностью не раскрыты все закономерные связи механики и



Рис. 6. Иероним Босх (ок. 1450 - 1516 гг.). Триптих «Сад земных наслаждений» (ок. 1503 - 1504 гг.), фрагмент

морфологии, а математические законы, связывающие перемоделирование кости и напряжения, неизвестны. Что же касается вопроса об уплотнении структур эмали в процессе созревания, в классическом объяснении протекающие процессы аргументируются лишь с позиции пассивного поступления в нее микро и макро элементов, способствующих повышению микротвердости эмали, кислотной резистентности и др. свойств. По нашему мнению, настало время не только обобщать имеющиеся факты, но и находить им индивидуальное приложение в каждом конкретном случае, где уже при подробном обследовании пациента можно многое прояснить и определить круг поиска истинных причин, приведших к заболеванию.

Окружающие нас блага и соблазны как неотъемлемая часть человеческой

цивилизации превращают повседневную жизнь, несмотря на существующие в ней проблемы и пороки, в «сад земных наслаждений» (рис. 6). Привитая с детских лет и нарастающая с возрастом тенденция к снижению жевательной нагрузки является характерной чертой современного человека. Закономерный результат — недостаточная стираемость зубов. Истоки проблемы кроются в повышенном потреблении мягкой малоабразивной пищи — в сравнении даже с недалеким прошлым, не говоря уже о предыдущих эпохах. Как подчеркивает профессор В. Р. Окушко (2005), «сохранность зубов и пародонта у древнего и у современного человека всегда (!) сопутствует значительному стиранию зубных тканей. Стирание — пассивное изнашивание — абсолютное условие здоровья зубов». Истирание живого зуба приводит к уплотнению оставшихся слоев эмали и дентина. Этот процесс аналогичен омололению мягких покровов. В норме постоянные зубы в течение жизни не прекращают свой вертикальный «рост», компенсируя его равномерным физиологическим стиранием жевательных поверхностей на всем протяжении зубных рядов, сохраняя гармоничное равновесие между всеми структурными элементами зубочелюстной системы.

Следует сказать, что параллельно со стремлением к вертикальному перемещению зубов, как известно, происходит и постепенное перемещение зубов в горизонтальной плоскости — так называемый медиальный сдвиг в связи с уплощением и уплотнением межзубных контактов в проксимальных участках. Участок зуба, подвергающийся истиранию, становится более твердым и прочным, тем самым минимизируется дальнейшее изнашивание или, точнее сказать, ослабление поверхностей, задействованных во время жевательной функции.

Как полагает В. Р. Окушко, недостаточная стираемость постоянных зубов — явный признак напредрасположенности зубочелюстной системы к заболеванию вследствие структурно функциональной недостаточности соответствующей анатомической области. А функциональная

недогрузка жевательного аппарата играет как главную, так и посредническую роль в раз витии комплекса патологических признаков: истончение (грациализация) лицевого скелета, склонность к рассогласованию порядка и сроков прорезывания зубов, к аномалиям прикуса, кариесу и пародонтиту. Без принятия определенных мер последующая судьба нестертого, функционально недогруженного зуба предрешена. Чем больше времени он находится в таком состоянии, тем выше риск возникновения заболевания, то есть разрушения под воздействием главного этиологического фактора — микрофлоры полости рта и продуктов ее метаболизма.

Следует иметь в виду и дополнительные при чины, индивидуальные в каждом конкретном случае: повышенное употребление углеводов (сахаров), дефицит фтора, нарушение кальциевого обмена, нарушение секреции и белкового состава слюны, обмена микроэлементов и многие другие факторы, оказывающие влияние на возрастание «агрессивности» микроорганизмов.

Конечно, нет и тени сомнения в том, что накопление и расширение знаний о функциональной физиологии и патологии зубочелюстной системы должно быть акцентировано на умении управлять ее адаптационными возможностями и резервами, что позволило бы ускорить создание более совершенных и эффективных антикариозных технологий, основанных на стимуляции естественных защитных механизмов зубов и пародонта. С 80 х годов XX века прошло уже немало времени, и появившиеся на стоматологическом рынке технологии и материалы с универсальными возможностями приблизили давнюю мечту к современным реалиям врачебной практики. Теперь, чтобы защитить зубы от вредного воздействия многообразных видов микрофлоры полости рта, особенно таких как *Streptococcus mutans*, предлагается проводить ультратонкую очистку их поверхности с помощью кремниевых наночастиц, что позволяет безопасно сглаживать все неровности и снижает возможность образования микробной бляшки. Преобразуя сахарозу в молочную кислоту, *S. mutans* создает в ротовой полости кислую среду, в результате чего разрушается зубная эмаль.

В 2009 году стало известно, что другая бактерия, *S. salivarius*, каким то образом подавляет образование биопленок *S. mutans*. Это вещество расщепляет сложные сахара на более простые составляющие. Х. Сенпуку и его коллеги из Японии смогли определить, какой же именно фермент у *S. salivarius* ответственен за расщепление сложных сахаров на более простые составляющие. Несмотря на отличия в строении, аналогичный по эффективности фермент был ими выделен также из плесневелых грибов рода *Aspergillus niger*. Об этом открытии было заявлено в СМИ в 2011 году. Предполагается, что полученные данные послужат основой для разработки нового типа зубной пасты. Несомненно, открывшиеся перед практическими врачами перспективы постепенно рассеивают то чувство бессилия, которое многие испытали перед кариозной болезнью, когда она порой незаметно подкрадывается и вначале держит длительную осаду «в стадии пятна». Не давая осажденным передышки ни днем ни ночью, она нередко пытается обойти с флангов, с проксимальных сторон, не щадя ни эмаль, ни дентин, захватывает и разрушает ослабленные стенки зубов, укрепленные пломбами, чтобы обложить поработанных данью, пока не разрушит до основания последнюю цитадель... И дань ее всегда высока — здоровье человека! (рис. 7).

Очевидно, что адаптационные процессы, описанные выше, следует рассматривать с точки зрения репаративной регенерации, но в то же время необходимо обратить внимание на микроструктурную перестройку, происходящую в твердых тканях зубов. Это значит, что будет меняться и биомеханика

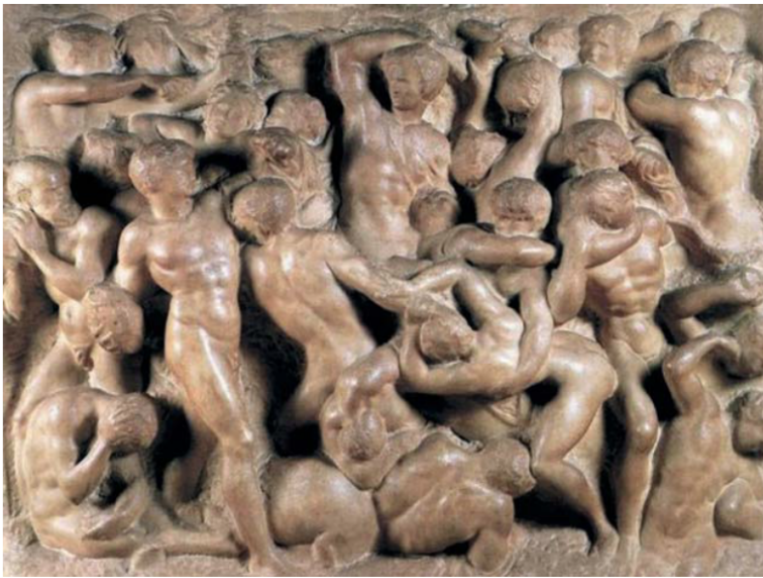


Рис. 7. Микеланджело Буонарrotти (1475-1564 гг.). Битва лапифов с кентаврами (Кентавромахия) (ок. 1492 г.). Мрамор, дом Буонарrotти, Флоренция. И был день первый. Свет утренней звезды едва забрезжил над землей, когда началось это великое извечное противостояние. С тех пор день и ночь сменили друг друга сотни тысяч раз. И на миг показалось, что как-будто долгожданная победа уже близка, но каждый миллиметр поверженной эмали, каждый разрушенный зуб были страшным напоминанием о том, что «микробомахия» — не античный миф, а безмолвная реальность

в нагруженных участках эмали и дентина — как при физиологических, так и при патологических нагрузках. Поэтому наряду с проблемами репаративной регенерации важно включать в обсуждение и вопросы, связанные с репаративной биомеханикой, то есть таким научным направлением, которое акцентировало бы внимание на поиске способов управления естественными защитными механизмами зубов как живых самоорганизующихся систем, а также своевременной их функциональной диагностике с целью сохранения целостности и гармонии во всей зубочелюстной системе.

«Под самоорганизующейся системой понимают систему, обладающую способностью улучшать свою организацию, то есть совокупность связей между большим числом структурных элементов, определяющих функционирование системы в целом». Изучение функционирования биологических тканей живых организмов на микро и нано уровне является приоритетной задачей многих научно исследовательских центров во всем мире. Так, например, биомиметический синтез наночастиц имеет ряд преимуществ: он проходит в более мягких условиях, чем получение наночастиц физико химическими методами. Мы являемся свидетелями стремительного взлета нанотехнологий, от кривших «второе дыхание» у бионики как науки. Более совершенные, экономически выгодные и, как утверждается, безопасные для здоровья человека бионические технологии находят применение во многих отраслях человеческой деятельности, в том числе и медицине.

По степени твердости эмаль нередко сравнивают с мягкой сталью. В этой связи вызывает интерес необычная технология, разработанная в 2007 году группой ученых из университета Мичигана, возглавляемой Николасом Котовым. Если различные нанообъекты типа угле родных трубок, нанопластинок или наностержней демонстрируют очень высокую прочность, отнесенную к их

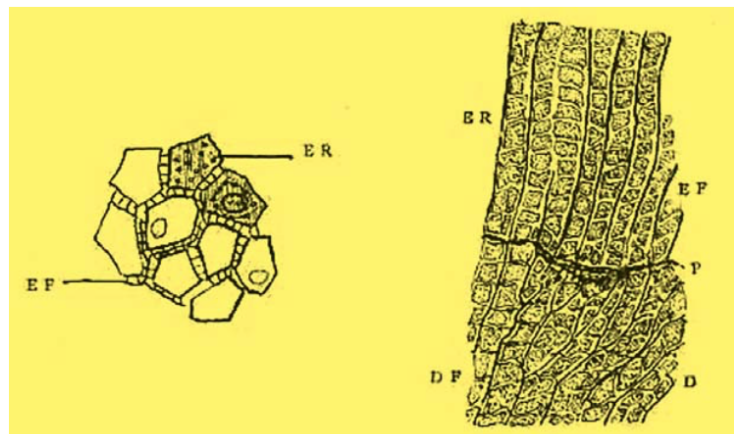


Рис. 8. Рисунок участка продольного шлифа эмали, в котором призмы показаны в виде стопок из отдельных ящикообразных элементов, разделенных со всех сторон между собой промежутками. Это значит, что межпризматическое вещество расположено вокруг призм эмали и ее сегментов, высотой 20 мкм, в виде эластичной «муфты» во всех трех плоскостях (из книги Arthur Hopewell-Smith, 1918).³⁶ Архитектурный проект, заложенный природой в структуру кристаллов глины, хромосом и эмалевых призм, удивительно похож

размерам, благодаря своей бездефектной структуре, то при создании из таких же элементов материала макроскопического размера «нанопрочность» куда то исчезает. Чтобы перенести прочность, свойственную наночастицам, на макроуровень, исследователи решили прибегнуть к заимствованию идеи у природы, подражая тончайшим слоям раковин моллюсков. «Кирпичами» для пластиковой стали толщиной как у полиэтиленового пакета послужили наночешуйки материала на подобие глины. Секрет прочности материала объясняется энергетически оптимизированной геометрией водородных связей, которые создают так называемый эффект велкро. В «кладке» из глиняных нанопластинок и слоев клея нет ни трещин, ни выступов, она очень стройна и напоминает кладку из кирпичей. Но главное: при возникновении сдвигов и напряжений оборванные водородные связи тут же восстанавливаются в новом месте, постоянно удерживая все элементы композита вместе. Можно предположить, что при дальнейшем совершенствовании нанотехнология производства пластиковой стали может со временем найти применение, например, и как армирующий материал в области медицины (травматологии, ортопедической и хирургической стоматологии и др.). Кроме того, научные изыскания в области нано технологий способны значительно приблизить нас к пониманию некоторых еще скрытых от нашего взора процессов, происходящих в зубных тканях, например в эмали, и, как мы убедимся ниже, подчиняющихся общим законам природы.

В 2007 году китайские ученые изучили взаимодействие соединения углеродных нанотрубок в виде буквы Y, которое, будучи многократно повторенным, создавало сотовую структуру.

Компьютерное моделирование показало, что под растягивающей нагрузкой такая система ведет себя удивительно упруго и выдерживает большие усилия. При длине отдельных трубок в 20 нм (1 нм = 10^{-9} м) распределение усилий внутри сот зависело не только от классической теории сопротивления материалов. Тут уже вмешивались силы Ван дер Ваальса между соседними ячейками и рекомбинация химических связей, а при повреждении одной из трубок остальные согласованно перераспределяли нагрузку между собой.³³

Весьма близкая аналогия обнаруживается в гистологической картине эмали зубов. Так, разные авторы приводят различные данные о размерах кристаллов гидроксиапатита эмали. Мы взяли за основу книгу М. Г. Бушана и соавт. (1979), в которой указывается, что ультраструктура неорганической части эмалевых призм, как и других твердых тканей, составляющих основную их массу, весьма сходна с ультраструктурой апатитов, что подтверждено рядом работ. Что же касается кристаллов гидроксиапатита дентина, кости и эмали, то они по величине и форме равны 20-50 нм и имеют вид шестигранной призмы. Их размеры могут меняться в зависимости от реактивности твердых тканей зуба и увеличиваться по мере нарастания степени минерализации. Как известно, структура эмалевых призм формируется из отдельных участков длиной 20 микрон (20 000 нм) и на поперечном срезе напоминает пчелиные соты или имеет вид рыбьей чешуи. Придерживаясь точки зрения Gustafson (1959), согласимся с возможностью образования отдельных сегментов в виде «ящичков» с тонкими стенками — как результат конденсирования жидкого или полужидкого вещества, секретлируемого вершинами амелобластов. Примечательно, что описанную гистологическую картину строения эмалевых призм можно также найти и в более ранних работах по данной тематике, например, в учебнике А. Норвелл Смита (1918) (рис. 8). Далее, после достижения указанной величины, сегменты объединяются вместе за счет призматической

оболочки и так же, как и разделяющее их межпризматическое вещество, выполняющее питательную функцию в эмали, начинают пропитываться солями извести.

Единственной необызвествленной субстанцией эмали остается тончайшая оболочка, покрывающая каждую призму. Затем процесс многократно повторяется, и в итоге постепенно формируются эмалевые призмы спиралевидной формы с характерными боковыми ответвлениями.^{34,36} Если теперь сравним между собой величину отдельных углеродных нанотрубок, кристаллов гидроксиапатита эмали и участков эмалевых призм, а также их пространственную форму на определенной площади поверхности («сотовая» или гексагональная), то обнаружим много общего в строении, а значит, можем предположить наличие близких по характеру механических реакций.

Что же касается формы самих эмалевых призм, то действительно, на поперечных шлифах эмали определяются призмы не только гексагональной формы. Можно предположить, что одно из объяснений такого несоответствия в форме призм следует из основной формулы топологии, где совершенно правильный узор гексагональной формы возможен только на плоскости, но не на сфере.³⁹ Очень важную роль также играет кристаллическая структура вещества, то есть геометрия взаимного расположения атомов или молекул в кристалле. Обычно кристаллы с кубическим расположением атомов деформируются легче, чем кристаллы с гексагональной упаковкой атомов. Необходимо обратить внимание на то, что эмаль развивается на основе органического каркаса, состоящего из фибрилл коллагена. Белковой матрицей кости, дентина и цемента также является коллагеновый белок. Коллаген (греч. *kolla* — клей и *genes* — рождающий, рожденный) — фибриллярный белок — присутствует во всех организмах от вирусов до многоклеточных, что обеспечивает им прочность и эластичность. Коллагеновые структуры не обнаружены только у растений. Молекула коллагена (тропоколлагена) представляет собой правозакрученную спираль из трех полипептидных цепей, в форме стержня, длиной около 280 нм и шириной 1,4 нм (рис. 9).^{12,41}

Как указывают Е. В. Боровский и В. К. Леонтьев (1991), белок эмали по аминокислотному составу значительно отличается от коллагеновых белков, но с чем связана такая особенность, не объясняется. Авторы обращают внимание на различие в белковом составе эмбриональной и зрелой эмали, которая в процессе созревания теряет большую часть белка (более 90%). Одновременно с потерей белка резко изменяется и аминокислотный состав, что отражается на самой матричной структуре эмали. Если у эмбриональной ткани она представляет собой в основном

бесструктурный гель (содержит ограниченное количество регулярных структур), то уже в зрелой эмали белок имеет высокоупорядоченную структуру. Установлено, что фибриллы коллагена в виде тонкой сеточки равномерно пронизывают эмалевые призмы и межпризматическое вещество, а протофибриллы коллагена являются центрами кристаллизации, где постепенно формируются отдельные кристаллы гидроксиапатита.

Так же, как эмаль и дентин вместе представляют собой природный композит, так и кристаллы апатита, сохраняющее в себе минерализованный коллаген, вполне могут рассматриваться как нанокompозит. Оказывается, если поместить тонкое волокно коллагена в раствор бромистого

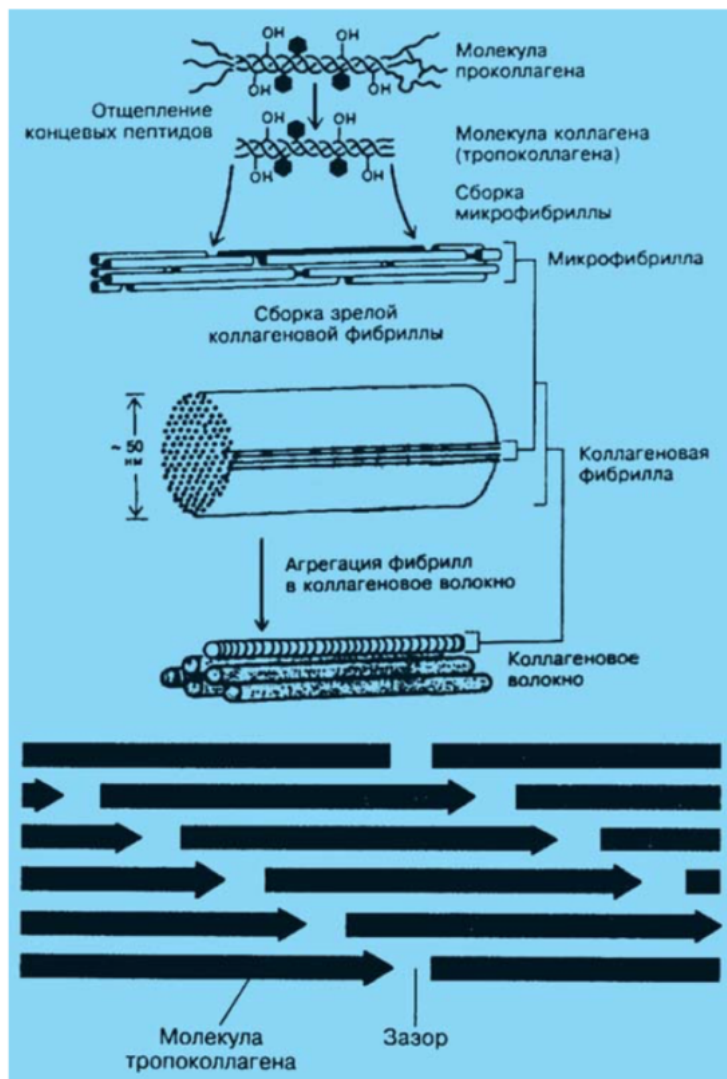


Рис. 9. Одонтобласты синтезируют коллаген I типа, гликопротеины, фосфопротеины, протеогликаны и фосфаты.³⁸ Каждая молекула тропоколлагена в цепи смещена относительно молекулы в соседней цепи на четверть ее длины, что и служит причиной чередования темных и светлых полос с периодичностью, по разным данным, 64-67 нм.^{12,13,42} При последовательном объединении молекул в цепь между хвостовыми и головными концами соседних молекул сохраняется зазор шириной 35 нм¹²

повышенное количество органической составляющей в эмалевом канальце как морфологическом образовании. Однако в весовом процентном соотношении по кальцию, хлору и кислороду показатели были меньше в кристаллах апатита эмалевого канальца, чем в кристаллах эмалевой поверхности.

Важно отметить, что уровень характерных биополимеров как «тканевого барьера», состоящего из нейтральных гликопротеинов (НГП) и кислого несulfатированного гликопротеина — гиалуроновой кислоты (ГК), оказался наиболее высоким для НГП в слоях эмали, прилежащих к дентину, а для ГК — в межпризматическом пространстве. В гистохимических микропрепаратах белок выявлялся во всех участках эмали и дентина в виде гомогенного окрашивания. Общий вывод результатов исследования сводится к тому, что если принять во внимание роль углеводно-белковых биополимеров и веществ белковой природы как факторов защиты в многослойном плоском эпителии человеческого организма от бактерий и продуктов их метаболизма, то не исключено, что они выполняют подобную функцию и в твердых тканях зубов, а микропространства,

лития, то оно быстро и сильно сокращается, развивая усилие, в тысячу раз превышающее его вес!

В данном аспекте важно отметить указание М. Г. Бушана (1979) на работы W. Perdok и G. Gustafson начала 60 х годов прошлого века, в которых подчеркивалась огромная физиологическая и механическая роль незначительного количества органической матрицы, содержащейся в эмали.⁴⁴ С помощью растровой электронной микроскопии, а также методом рентгеноспектрального микрохимического анализа Ю. А. Ипполитов (2010) исследовал эмаль зубов, удаленных по ортодонтическим показаниям у людей в возрасте 17-25 лет. Автор установил, что поверхность эмали представлена характерными образованиями в виде неровностей и мелких вдавлений (ямок) диаметром 4-6 мкм и глубиной 0,5-3 мкм. «Помимо ямок, микротрещин и валиков, микрорельеф эмали характеризуется углублениями в виде отверстий, как бы переходящих в канальцы диаметром 2 мкм, из-за чего структура в целом имеет вид сот». Количественный анализ показал

заполненные биополимерами, составляют единую диффузную систему обмена минеральных ионов в эмали.

В этом аспекте следует указать и на результаты исследования А. Фултона (1987), подробно описавшего некоторые гистологические особенности строения структурных элементов слухового анализатора, которое может многое объяснить при изучении других органов и систем, в частности зубочелюстной. Так, автор указывает, что от эпителиальных волосковых клеток улитки внутреннего уха у позвоночных животных и человека берут свое начало так называемые стереоцилии. Каждая стереоцилия содержит сужающийся пучок актиновых филаментов, связанных поперечными мостиками друг с другом и кле точной мембраной. Анализ характера упаковки филаментов привел Фултона к более глубокому пониманию факторов, определяющих сборку спиральных структур, характеризующихся гораздо большим числом эквивалентных связывающих участков, что, не исключено, аналогичным образом происходит и с кристаллами гидроксипатита на спиральных коллагеновых фибрилл. Характерной особенностью стереоцилии является ее заполненность от основания до верхушки многочисленными поперечно сшитыми мостиками, что приводит к паракристаллической гексагональной упаковке филаментов. Из геометрии известно, что исходя из плотности, наибольшее значение дает решетка из правильных треугольников. Проведя несложное геометрическое построение на листе бумаги, можно убедиться, что на плоскости шесть правильных треугольников, имеющих общую точку соприкосновения, образуют гексагональную фигуру. Во II части статьи (ДентАрт No 1, 2011) на ми уже отмечалось, что еще мыслители Древней Греции определили — тела могут быть построены только из равносторонних треугольников. Древнегреческий философ Платон из множества треугольников особо выделял равносторонний. Считается, что эта фигура увеличивает в несколько раз энергию, которая с ней связывается, и гармонизирует направляемые в нее вибрации. В свою очередь, основоположник современной космонавтики К. Э. Циолковский считал, что сама форма равностороннего треугольника определяет его прекрасные качества генератора лучистой энергии.

Опираясь на логику и имеющиеся у нас в наличии основные принципы геометрического построения фигур, будем развивать нашу мысль согласно тому, как этого придерживался и французский философ Клод А. Гельвеций (1715 1771 гг.), считавший, что «знание некоторых принципов легко возмещает незнание некоторых фактов». Таким образом, предположим, что если соединить условной линией между собой три концевых отдела спиральной цепи молекулы коллагена (тропоколлагена), то получим, по всей вероятности, ожидаемый равносторонний треугольник. Мы уже знаем, что заполнение не кой плоскости правильными треугольниками образует последовательное чередование гексагонов как сегментов (фракталов) на покрываемой ими площади. Теперь, даже если вершины треугольников условно соединить окружностью, то максимальное заполнение на плоскости такими фигурами, словно бильярдными шарами, возможно лишь при условии, если они будут расположены в виде шестиугольника, соединяемые касательными линиями между собой и окружностью, расположенной в центре, по формуле $(6+1)$. И действительно, молекулы коллагена сконструированы в шестиугольную или псевдошестиугольную (в поперечном разрезе) конструкцию.⁴¹ Интересно и то, что особенности строения коллагеновых фибрилл позволяют отнести их к биологическим паракристаллам. По нашему мнению, это является лишь еще одним косвенным подтверждением возможного прогнозируемого

моделирования структурных образований на микро или наноуровне, что позволит определить цели и задачи будущих научных исследований.

Один из основоположников научной фантастики, французский географ и писатель Жюль Верн (1828 1905 гг.) был убежден, что «настанет время, когда достижения науки превзойдут силу воображения». В своих произведениях он предсказал научные открытия и изобретения в самых разных областях. И если воображение — это способность сознания создавать и манипулировать образами, представлениями и идеями, то форма и размеры нанокристаллов и эмалевых призм наводят на мысль, что формообразовательные процессы в эмали, как и в других твердых тканях организма, должны подчиняться действующим на Земле общим структурным и физическим законам, что вполне укладывается в концепцию фрактальности природных элементов. Ведь было точно определено, что в природе существуют две главные категории структур растущих кристаллов — дендриты и фракталы, которые являются древнейшими формами роста в пространстве и во времени. Однако с точки зрения степени взаимного влияния формы и структуры на микро и наноуровне и ее отражения на функциональной биомеханике зубных тканей еще многое пока остается в тени неизвестности.

Но чем глубже мы проникаем в организм человека, словно в неизведанные глубины океана, тем все больше открывается нам уникальность и тайна живого, магическое переплетение химических и энергетических процессов и многое другое. В то же время природа не могла так быстро истощить запас своих невероятных загадок, разгадка которых приблизила бы нас к лучшему пониманию окружающего мира и места Человека на Земле и во Вселенной. Благодаря выходу на более высокий уровень сознания мы сможем разумнее подходить и к оценке своего здоровья, а значит и к путям его поддержания и восстановления. Сознание многомерно, и чем шире станут возможности нашего сознания, тем более совершенный и многообразный мир мы сможем создавать вокруг себя. Ведь именно огонь Богов, подаренный Прометеем людям, «зажег» в человеке страсть к познанию, и может быть, поэтому «желание многое знать и через это постигнуть истинную сущность всех вещей заложено в нас от природы» (Альбрехт Дюрер, 1512 г.)

Продолжение следует

Литература

1. Блаватская Е. П. Разоблаченная Изида. Ключ к тайнам древней и современной науки и теософии. В 2 т. Том I. На ука. —М.: Изд во «Эксмо». —2008. —829 с.
2. Гильяни Ж. П. Алфавит человеческого тела. /Пер. с франц./ . —СПб. ООО «Меридиан С». — 2010. —172 с.
3. Белов А. Возвращение русских богов. Тайный смысл древних сказов. —М.: Изд во «Амрита Русь». —2011. —С. 15.
4. Рассказы о биоэлектронике. Сб. статей под ред. канд. тех. наук Г. Р. Иваницкого. —М.: Изд во «Энергия». —1968.
5. Голяндин А. Гиппократ еще не родился [http:// www.faito.ru/archnews/1171349925,1180688727/](http://www.faito.ru/archnews/1171349925,1180688727/). —2007.

6. Вайскопф В. Наука и удивительное. Как человек понимает природу. /Пер. с англ./.—М.: Изд во «Наука», Гл. ред. я физ. мат. лит. —1965. —С. 228.
7. Лосев А. Ф. История античной эстетики. Последние века. Книга 1. —М.: Изд во «АСТ». —2001. —512 с.
8. Галимов Э. М. Феномен жизни: между равновесием и не линейностью. Происхождение и принципы эволюции. —М.: Едиториал УРСС. —2006. —256 с.
9. Циолковский К. Э. Космическая философия. Сборник. —М.: ИДЛи. —2004. —496 с.
10. Кернс Смит А. Дж. Первые организмы. <http://evolution.powernet.ru/library/glina.htm>.
11. Наймарк Е. Ученые обсуждают вопрос, не глина ли поро дила животных на Земле. <http://elementy.ru/news/430161>. —2006.
12. Гистология: Учебник / Ю. И. Афанасьев, Н. А. Юрина, Е. Ф. Котовский и др./; под ред. Ю. И. Афанасьева, Н. А. Юдиной. — 5 е изд., перераб. и доп. —М.: Изд во «Медицина». —2002. —744 с.
13. Гистология (введение в патологию) / Под ред. Э. Г. Улумбекова, Ю. А. Челышева. —М.: ГЭОТАР МЕДИЦИНА. —1998. —960 с.
14. Плонский А. Звезды на ладонях. Фантастика 83. Сборник. —М.: «Молодая гвардия». —1983. —С. 159 161.
15. Матешвили Г. Г. Космос, Земля и Люди. Болиды, Метеоры, Метеориты, Метеороиды. http://81.176.66.169/m/mateshwili_g_g/cosmos5.shtml. —2009.
16. В метеорите нашли инкубатор живых микроорганизмов. <http://www.membrana.ru/particle/4216>. —2002.
17. Гааль Л. Биоэнергетика — магия жизни. —М.: Изд во АСТ; СПб.: Астрель—СПб. —2010. —349 с.
18. Окушко В. Р., Мелехин А. В. Адаптационные реакции зуба. 5. Изменения объема пространств твердых тканей при на чальном естественном сошлифовании эмали. МРЖ No 12. —1981. — реф. 1619.
19. Архипов Балтийский С. В. Рассуждение о морфомеханике. В 2 х томах. —Калининград. Норма: —2004. —820 с.
20. Боровский Е. В., Леонтьев В. К. Кариесрезистентность. //Стоматология. —No 5. —2002. —С. 26 28.
21. Окушко В. Р. Основы физиологии зуба. Учебник для врачей стоматологов и студентов мед. унив ов. —Тирасполь: Изд во Приднестр. ун та. —2005. —240 с.
22. Воронин В. В., Леонтьев В. К., Шестаков В. Т. Две модели обоснования этиологии кариеса с позиции системного подхода. // Стоматология. —No 1. —2006. —С. 15 17.
23. Найден новый метод защиты зубов от кариеса. <http://www.membrana.ru/particle/13402>. —2008.
24. Рудый Ю. Японцы использовали бактерию вместо зубной пасты. <http://www.membrana.ru/particle/15968>. —2011.
25. Попов Г. И. Биомеханика. Изд. Центр «Академия» —2007.—С. 5.
26. Биомиметические наноматериалы. <http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article579>. —2011.
27. Нанотрубки помогают сломанным костям срастаться. <http://www.membrana.ru/particle/8828>. —2005.
28. Сингапурцы создали кость из нанокompозита. <http://www.membrana.ru/particle/11789>. —2007.
29. Попов Л. Искусственные угри внутри человека выработают ток для имплантатов. <http://www.membrana.ru/particle/1924>. 2008.

30. Рудый Ю. Из стволовых клеток впервые выращена сетчатка глаза.
<http://www.membrana.ru/particle/16005>. –2011.
31. Быков В. Л. Гистология и эмбриология органов полости рта человека. Учебное пособие. Изд. 2 ое, исправ. –СПб. Изд-во «Специальная литература». –1998. –248 с.
32. Попов Л. Глиняный торт наполеон породил пластиковую сталь.
<http://www.membrana.ru/particle/1871>. –2007.
33. Изучены механические свойства ткани из нанотрубок. <http://www.membrana.ru/particle/11075>. –2007.
34. Фалин Л. И. Гистология и эмбриология полости рта и зубов. –М.: Гос. изд во мед. лит ры. –1963. –219 с.
35. Hopewell Smith A. The normal and pathological histology of the mouth. Being the 2d ed. of The histology and patho his tology of the teeth and associated parts, rev. and enl., by Art hur Hopewell Smith. Vol. I Normal histology. Published 1918 by P. Blakiston's Son & Co. in Philadelphia.
36. Боровский Е. В., Грошиков М. И., Патрикеев В. К. Терапевтическая стоматология. –М.: Изд во «Медицина». –1973. –384 с.
37. Бушан М. Г. Патологическая стираемость зубов и ее осложнения. –Кишинев: Изд во «Штиинца». –1979. –184 с.
38. Гемонов В. В., Лаврова Э. Н., Фалин Л. И. Развитие и стро ение органов ротовой полости и зубов. Учебное пособие для студентов стом. вузов (фак ов). –М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ. –2002. –256 с.
39. Вейль Г. Симметрия. –М.: Изд во «ЛКИ». –2007. –С. 194.
40. Гордон Дж. Почему мы не проваливаемся сквозь пол./Пер. с англ. С. Т. Милейко/. –М.: Изд во «Мир». –1971.
41. Коллаген. <http://ru.wikipedia.org/>.
42. Иванов В. С. Заболевания пародонта. –М.: Изд во «Медицина». –1981. –256 с.
43. Боровский Е. В., Леонтьев В. К. Биология полости рта. –М.:Изд во «Медицина». –1991. –304 с.
44. Бушан М. Г., Кодола Н. А., Кулаженко В. И. Кариес зубов, лечение и профилактика с применением вакуум электро фореа. Изд. 2 ое, доп. –Кишинев: Изд во «Картя Молдо веняскэ». –1979. —293 с.
45. Губерман И. Третий триумвират. Изд во «Детская литера тура». –1974. –С. 85.
46. Ипполитов Ю. А. Морфологические образования эмали белковой природы. // Стоматология. –No 3. –2010. –С. 4 8.
47. Фултон А. Цитоскелет. Архитектура и хореография клетки. Пер. с англ. –М.: Изд во «Мир». –1987. –С. 60 61.
48. Гильберт Д., Кон Фоссен С. Наглядная геометрия. (Пер. с нем.). –М. –Л.: Объед. науч. тех. изд во НКТП СССР. –1936. –С. 36 41.
49. Неаполитанский С. М., Матвеев С. А. Сакральная геометрия. –СПб. –Изд во ин та метафизики. –2004. –632 с.
50. Кухарева Л. В. Гидротермическое сокращение коллагенных волокон как метод исследования их структуры. http://www.tsitologiya.cytspsb.rssi.ru/51_3/kukhareva.pdf. –2009.
51. Джан Р. В. Филлотаксис. Системное исследование морфогенеза растений. /Пер. с англ./ –М.: Изд во: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика».

–2006. –464 с.

52. Сознание создает реальную действительность <http://uneworld.com/nepoznannoe/novosti/mediciny-tradicionnoj-i-alternativnoj/>. –2010.

Поделиться с друзьями:

ДентАрт 2011



ДентАрт 2011 №4



Похожие статьи



**Филлотаксис и биомеханика зубов.
Часть I**



**Репаративная регенерация — «Чаша
Грааля» в стоматологии третьего
тысячелетия Часть VIII. Форма и
эволюция**



**Репаративная регенерация — «Чаша
Грааля» в стоматологии третьего
тысячелетия Часть VII. Форма и
эволюция**