

Контакты

Точка зрения

 02 | 

На рубеже тысячелетий наукой были открыты многие тайны структурообразования живых организмов, подробности происходящих в них жизненных процессов, строение и принципы их функционирования. Но даже при наличии современной аппаратуры очень многое остается до сих пор «за кадром». Главное отличие природных инженерных конструкций состоит в их невероятной эффективности, а «качество» значительно превосходит то, что создает искусственно человек. Таким образом, заимствуя у природы инженерные решения, можно существенно повысить эффективность современных технологий.

«Живой мир — это мир постоянно взаимодействующих удивительных структур, от простейших до головокружительно сложных, и познание этих структур и их превращений позволит объяснить в живой природе многое, казавшееся ранее таинственно сказочным».

Юрий Овчинников

«Вы не найдете в природе ничего простого, все в ней перепутано и слито. А наша любознательность требует найти в этом простоту, требует, чтобы мы ставили вопросы, пытались ухватить суть вещей и понять их многоликость как возможный итог сравнительно небольшого числа процессов и сил, на все лады сочетающихся между собой».

Ричард Фейнман

Актуальность

Хорошо известно, что биологические организмы имеют сложную структуру и форму. Их биомеханические свойства зависят от индивидуальных особенностей организма, возраста, функционального состояния, внешних факторов. Биомеханика биологических материалов и систем изучает особенности строения, деформационные и прочностные свойства, а также разрушение различных тканей и систем.¹ Действительно, «наука долгое время была занята лишь вопросами строения — но не возникновения! — структур, существующих вокруг нас».² На протяжении многих десятилетий в научном мире сформировалось утверждение, что именно в результате процесса



Рис. 1.
Владимир Куц.
Рожденная
морем

эволюции и естественного отбора природа всегда ищет кратчайшие пути и выбирает экономные решения. «Закон экономии» проявляется в строении биологических форм макро- и микромира, демонстрируя удивительное родство и повторение в одних и тех же простых формах, которые в тех или иных комбинациях повторяются в огромном многообразии сложных форм.³



Рис. 2. Сальвадор Дали. Мадонна Порт-Льигата (1950)
(фрагмент картины)

Однако при обсуждении эволюционной теории возникновения и развития жизни на Земле возникает очень интересная дилемма: ДНК может объединяться только с помощью некоторых совершенно определенных протеинов (белков). Но процесс выработки этих энзимов может осуществиться только с учетом информации ДНК. По этому поводу известный сторонник эволюции, профессор Лесли Оргель (Калифорнийский университет, Сан-Диего) в журнале «Сайнтифик Американ» (1994) пишет следующее: *«Образование большого количества протеинов, обладающих невероятно сложной структурой, и ядерных кислот (РНК и ДНК) в одном и том же месте и в одно и то же время абсолютно невозможно. Следовательно, приходится сделать вывод, что жизнь не могла появиться химическим путем».*⁴ Каким же именно путем она появилась, сегодня

современная наука уверенно ответить не может, но ясно одно, что зарождение жизни является неким долговременным биотехнологическим проектом, с неизвестной для нас пока целью. К разгадкам некоторых «вечных тайн» в строении человеческого организма ученые смогли приблизиться только на рубеже тысячелетий. В 2002 году был расшифрован геном человека, и уже сейчас человечество вступило в производственную область, где исчезает грань между живой и неживой природой.

ДНК — это больше, чем только тайна жизни, это также универсальный компонент для создания наноструктур и наноустройств. Используя современные биотехнологические методы, человек стал способен создавать длинные молекулы ДНК с желаемой последовательностью функциональных блоков, реализуя возможности, не использованные природой в ходе развития жизни. Например, в 1994 г. Леонард Адлиман (Leonard M. Adleman) из Университета Южной Калифорнии показал, что из ДНК можно сделать вычислительное устройство.⁵ Таким образом, необходимо принять во

внимание, что порядок в живой природе начинается с наноуровня и идет до макроуровня. Только с наномасштаба происходит функционирование живого: деление, размножение и все другие процессы самоорганизации.⁶ Следует отметить, что это лишь определенный уровень наших познаний на сегодняшний день о строении Мира и Вселенной, который сформировался на основе научных открытий, и возможно, в будущем эти границы будут расширены и человечество вступит в совершенно новую эру. В настоящее время экспериментально установлен принцип нанотехнологии эволюционирующего субстрата всего живого — белка. Возможно, что теперь разгадка секрета нанотехнологии белка при его самоорганизации, при тщательном экспериментальном изучении, подскажет наиболее целесообразные подходы к тому, как управлять свойствами других материалов и создавать новые конструкции, обучаясь у природы.⁶

Оптимизация конструкции позволяет каждому организму адекватно исполнять свою функцию при минимально возможном расходе ресурсов внешней среды. Однако по отношению к строению зубов человека эти вопросы в данном аспекте изучены недостаточно, о чем свидетельствует наличие лишь единичных научных работ.⁷⁻⁹



Рис. 3. Николай Рерих. Жемчуг исканий (1924)

В своей работе «Основы физиологии зуба» В. Р. Окушко (2005) делает важное заключение о современном уровне знаний и технологическом развитии в области стоматологии. Он отмечает, что простое зуборемонтное дело завершает свою историческую миссию в связи с неизбежным развитием сложных информационных технологий, основой которых являются базовые знания о физиологии зуба и его твердых тканях.¹⁰ Следовательно, формообразование, структура тканей, органов и систем представляют научнопрактический

интерес с точки зрения их биомеханических свойств, позволяющих противостоять влиянию механических факторов во время выполнения ими соответствующих функций. С учетом этого, ряд вопросов формообразования и особенностей структуры твердых тканей зубов, испытывающих большие нагрузки во время жевания, требует дальнейшего изучения.

Цель исследования

Изучить некоторые биометрические параметры зубов и структурные особенности эмали на шлифах и выявить возможные общие закономерности процессов формообразования и биомеханической функции со структурными элементами в живой природе.

Материалы и методы

В основу исследования были положены анализ научных публикаций за последние десятилетия по вопросам формообразования в природе и в зубочелюстной системе, результаты биометрии и изучение структуры эмали на шлифах 12 интактных зубов, удаленных по показаниям у 9 пациентов в возрасте 38-54 лет. Перед изготовлением шлифов штангенциркулем проводили биометрическое исследование зубов в трех плоскостях. Затем эти зубы с помощью самотвердеющей пластмассы Редонт-03 монтировали в специальную форму, после чего карборундовыми дисками их разрезали в продольном направлении на несколько пластинок. Полученные заготовки шлифовали наждачной бумагой с уменьшением ее зернистости до достижения толщины шлифов в 40-50 мкм и полировали пастой ГОИ. В дальнейшем шлифы промывали, высушивали, последовательно проводя через 75%, 96% и абсолютный спирт, обезвоживали в карбоксилале и помещали на предметных стеклах в бальзам по общепринятой методике. Для сравнительной оценки структуры твердых тканей зубов микроскопическому изучению подвергали только срединные шлифы.

Результаты и обсуждения

Анализируя данные литературы по вопросам формообразования в животном и растительном мире, мы попытались найти аналогичные по своим задачам конструкционные решения и в строении зубочелюстной системы человека. Во-первых, основанием для этого послужила «клеточная теория», сформулированная Т. Шванном (1838), которая обосновывала наличие единого принципа образования и роста клеток у растений и животных, а следовательно, структурное и генетическое единство органической природы.⁷ Д. Лейзер в своей книге приводит следующий пример: «...все известные формы жизни — от амебы до высших растений и животных — используют одну и ту же основную химическую стратегию: информация, необходимая для специфического развития организма, кодируется в нуклеиновых кислотах одного вида (ДНК), считывается нуклеиновыми кислотами другого вида (РНК), а затем в соответствии с универсальным кодом и с помощью укоспециализированных органических катализаторов (ферментов) расшифровывается. Химический механизм этих процессов в основном одинаков у всех живых существ. То же можно сказать и о молекулах, сложных циклах и цепочках химических реакций, посредством которых происходит процесс выделения и накопления энергии, запасенной в потребляемой организмом пище».¹¹

Во-вторых, так как в основе организации любой живой материи лежат принципы устойчивости, самоорганизации и саморегулирования, то в формообразовании эти принципы проявляются как самоподобность, которая порождает связанную систему объектов. И в-третьих, так как человек является частью живой природы, то и в строении его тканей и органов должны действовать те же самые принципы и «закон экономии», что и для биологических форм макро- и микромира.

Зубочелюстная система представляет собой комплекс взаимосвязанных и взаимодействующих структурных элементов, обеспечивающих в норме гармоничную функцию всей биомеханической конструкции. Рассматривая функцию зубочелюстной системы с точки зрения вышесказанного, можно убедиться на известном факте, что жевательное давление, передаваемое через зубы, например, на нижнюю челюсть, определяет расположение перекладин губчатого вещества костной ткани в определенном направлении, соответственно локальным величинам напряжений, по так



Рис. 4. Рембрандт ван Рейн. Спор двух ученых (предположительно, апостолы Петр и Павел) (1628 г., Мельбурн, Галерея Виктории)

называемым траекториям. В совокупности линии траекторий встречных нагрузок создают структуру, напоминающую каркас, и отражают функциональную деятельность нижней челюсти. С точки зрения теории сопротивлений, нижнюю челюсть рассматривают как тело равного сопротивления или прочности. Под таким телом понимают, например, стержень, который при заданной нагрузке в любом поперечном к оси сечении испытывает одинаковое изгибающее напряжение.^{9,12}

Мы обратили внимание на известный факт, что в листьях и стеблях растений присутствуют специальные опорные стабилизирующие элементы, обеспечивающие механическую устойчивость растительной ткани, так называемые склеренхимные (палочковидные) клетки.

Склеренхима — наиболее важная механическая ткань, которая встречается в органах почти всех высших

растений. Такие клетки не имеют метаболически активного клеточного содержимого (ядро и протоплазма в них рано отмирает), а их полости заполнены воздухом. Поэтому они являются исключительно пассивными опорными элементами, придающими жесткость листу или стеблю. Вытянутая в длину склеренхимная клетка за счет своего положения и формы предотвращает изгиб перпендикулярно плоскости листа. В стеблях растений, подвергающихся изгибным нагрузкам, жесткие профилированные стержни, состоящие из одной или нескольких склеренхимных клеток, соединяются в так называемые опорно-механические системы. Кроме того, жесткости листа как целого способствует осмотическое давление сока в нем.¹³ Отмечено, что в нормальном строении эмали зубов человека некоторые участки межпризматического вещества (эмалевые пластинки — ламеллы, пучки, веретена, колбы) являются недостаточно обызвествленными, но отличаются друг от друга своей формой и положением в толще эмали. Эмалевые пучки имеют вид древовидных образований, которые проходят глубоко в эмаль и анастомозируют между собой. Они так же, как и веретена, которые расположены в придентинном слое эмали, являются, по-видимому, морфологическим вариантом отростков одонтобластов и выполняют, по мнению многих исследователей, соконосную функцию с целью питания структуры эмали.

Эмалевые пластинки сравнивают с тонкими перегородками листообразной (конусообразной) формы, которые идут вдоль коронки до эмалеводентинной границы и делят эмаль на ряд сегментов.^{10,14} Как отмечают исследователи,¹⁴ они имеют особое значение в физиологии и патологии зуба, так как очаги кариозного поражения нередко локализуются у эмалевых пластинок. В книге «Основы физиологии зуба» В. Р. Окушко (2005) описывает эти структуры эмали зуба следующим образом: «От дентиноэмалевого соединения в направлении поверхности эмали, сквозь ее толщу, направляются органические пластины, совокупность которых формирует своеобразную систему меридиан и микротрубочек с центром схождения у вершин бугров. В зависимости от направления шлифа эти образования приобретают вид ламел или пучков. По ним к наружным порам эмали и движется жидкость, обеспечивающая изменчивость твердых структур».¹⁰



Рис. 5. Наutilus – типичный представитель примитивных головоногих. Это единственный моллюск, который за сотни миллионов лет существования так и не избавился от внешней раковины. Спиралевидная или круглая раковина подразделяется на несколько «отсеков». Во внутренних содержится газ и жидкость, которые позволяют наutilusу контролировать глубину погружения. Тело моллюска находится во внешнем «отсеке»

Топография ламел очень напоминает многокамерность морских раковин — как результат прерывистого роста и последовательной закладки камер. По мнению Н. А. Заренкова (2009), вероятно, многокамерность повышает прочность удлиняющейся раковины. Отмечено, что нетрудно найти раковины, состоящие из равного количества и притом сходных по форме камер. Если камеры составлены в один прямой ряд, то раковина является простейшей гетерополярной метаморфой и именуется линейной. Количество рядов камер может быть больше одного. Такие раковины называются двухрядными, трехрядными и т. д. (рис. 5).¹⁵

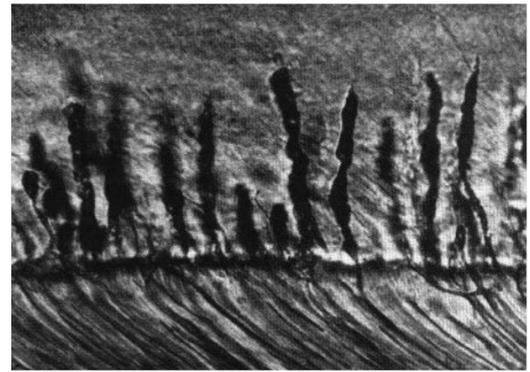


Рис. 6. Структурные элементы в строении листа и эмали зубов:
а) склеренхимная клетка как структурный элемент, придающий жесткость листу (по Р. Глазеру, 1988);
б) эмалевые пластинки и эмалевые пучки в эмали молляра человека;
в) эмалевые веретена близ верхушки коронки зуба человека (б, в — по Л. И. Фалину, 1963).

Таким образом, склеренхимные клетки листа, тонкие перегородки листообразной (конусообразной) формы в эмали зубов и многокамерность в строении раковин, вероятно, по своей функции связаны между собой и обеспечивают жесткость и прочность в своих структурах, а в зубах дополнительно способствуют распределению окклюзионной нагрузки между сегментами. Если учесть тот факт, что эти образования находятся в большом количестве в области шейки зуба, где концентрируется наибольшее напряжение во время жевательной функции, становится понятным истинный смысл их присутствия. Вероятно, совместно с эмалевыми призмами они уменьшают образование внутренних напряжений в зубе во время функции жевания (рис. 6 а, б, в). Результаты изучения шлифов 12 зубов позволили подтвердить, что эмалевый слой образован S-образно изогнутыми призмами, сошлифованными в различных плоскостях (продольно и поперечно), что обуславливает чередование в проходящем свете светлых и более темных полос, известных как полосы Гунтера-Шрегера, и расположенных отвесно по отношению к ним линий Ретциуса, названных так в честь

известного шведского анатома и антрополога — Магнуса Густава Ретциуса, впервые их описавшего (рис. 7).



Рис. 7. Магнус Густав Ретциус (Magnus Gustaf Retzius) (1842-1919 гг.) — шведский анатом и антрополог Королевского медико-хирургического института в Стокгольме. В 1895 году был избран членом-корреспондентом Петербургской академии наук по биологическому разряду физико-математического отделения. Его главный труд под названием «Человеческий мозг» считается наиболее значимой работой XIX века в области анатомии головного мозга

Хорошо известно, что на поперечных шлифах зуба так называемые линии или полосы Ретциуса располагаются в виде концентрических кругов, сравниваемых некоторыми авторами с годичными кольцами роста на поперечном срезе ствола дерева. Они представляют собой границы между последовательно возникающими в процессе нормального развития зуба слоями эмали и являются участками с пониженным содержанием солей извести. Еще Густафсон

(Gustafson, 1959) назвала их

функциональными линиями

Ретциуса, так как, по ее мнению, они

представляют собой нормальное

физиологическое явление,

связанное с процессом формирования изгибов эмалевых призм, в результате которого коронка развивающегося зуба постепенно приобретает свою окончательную форму и гладкую поверхность. Однако появление линий Ретциуса в чрезмерно большом количестве может служить признаком нарушений в образовании органической матрицы эмали, а не в ее обызвествлении, и такие линии Густафсон назвала патологическими. Их возникновение связано с отложением солей кальция как в сторону повышенной минерализации, так и, наоборот, в сторону ее понижения, что приводит к уменьшению расстояния между отдельными линиями Ретциуса.¹⁴ Такое явление можно наблюдать и в природе, когда истончение годовых колец у деревьев свидетельствует о замедлении их роста при понижении температуры на Земле — неблагоприятном климатическом факторе.

Большинство исследователей считает, что причина периодических изменений темпа кальцинации заключается либо в периодических изменениях интенсивности питания и поступления витамина D в организм, либо в изменении деятельности гормонов. Такому объяснению в значительной мере способствовал установленный Шуром и Гофманом (Schour, Hoffman, 1939) периодический ритм кальцинации тканей, поэтому мы остановимся на нем подробнее. Шур и Гофман (1939) описали микрослои в дентине и эмали зубов ряда животных от рыб до человека, представляющие собой результат разной степени кальцинации тканей. Ширина пары слоев, одного слабо и одного сильно кальцинированных, у всех исследованных животных независимо от типа зуба равнялась 16 мкм. Исследователи выдвинули предположение, что причиной образования таких слоев являются ритмические изменения темпа кальцинации. Сам процесс можно представить как ритмичное формирование калкосферитов, которые сливаются более или менее полно и потому дают более или менее кальцинированные полоски. Поэтому 16-микронный ритм кальцинации они считают постоянной и общей биологической единицей этого процесса.

Кроме того, Шур и Гофман (1939) описывают другие слои — контурные линии Оуэна, которые образуются в результате нарушения кальцинации и могут захватывать одну или несколько 16-микронных пар.¹⁶ Об «...удивительной правильности, с которой линии Ретциуса располагаются в эмали зубов ряда млекопитающих животных и человека...», упоминает в своей книге и Л. И. Фалин (1963). По мнению Густафсон (1959), в некоторых случаях линии Ретциуса возникают благодаря образованию по ходу призм коротких изгибов, которые располагаются в плоскости, параллельной длинной оси зуба.

В норме наиболее многочисленные и вместе с тем наиболее короткие линии Ретциуса имеются в эмали, покрывающей боковые поверхности коронки зуба. Начинаясь у эмалево-дентинной границы и косо пересекая всю толщу эмали, они заканчиваются на ее поверхности валиками (перикиматами), расположенными параллельными рядами и отделенными друг от друга неглубокими бороздками. По направлению к жевательной поверхности зуба линии Ретциуса меняют свое направление, становясь более длинными, и некоторые из них, начинаясь у эмалево-дентинной границы на боковой поверхности зуба, дугообразно огибают область жевательного бугорка и заканчиваются у эмалево-дентинной границы, но уже на жевательной поверхности зуба (рис. 8 а).¹⁴

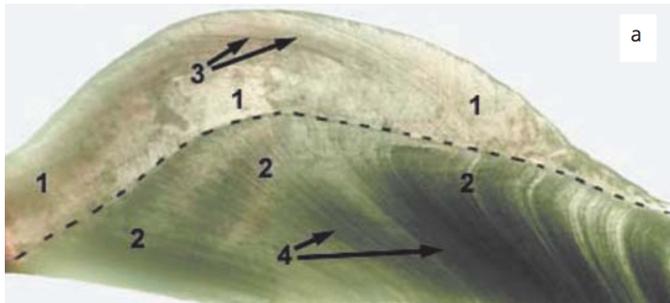


Рис. 8. Ростовые линии:
а — продольный шлиф зуба: 1 — эмаль, 2 — дентин, 3 — линии Ретциуса, 4 — дентинные каналцы;
б — ростковые линии в морской раковине

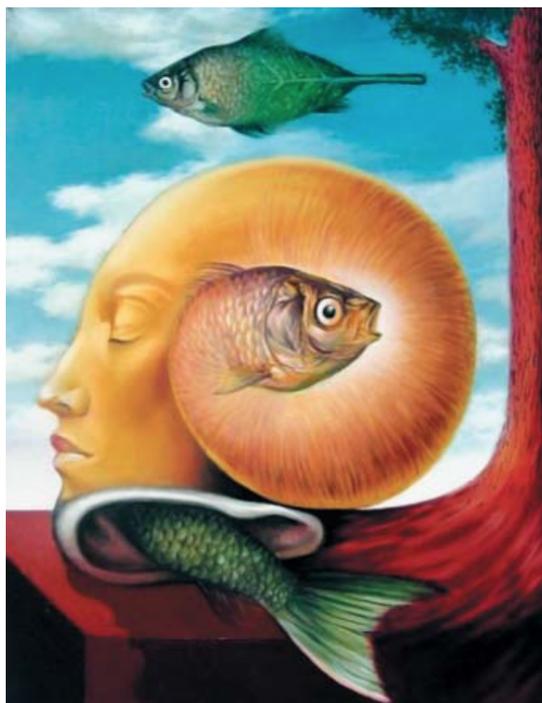


Рис. 9. Михай Кристе. Последовательно живет

Для сравнения аналогичный тип строения можно встретить в раковинах моллюсков. Изучая конструкции раковин, ученые обратили внимание на их форму и поверхность, которые поражают своим совершенством и экономичностью средств, затраченных на их создание, а также целесообразностью поверхностей: внутренняя является гладкой, наружная — рифленой. Наружные ребра увеличивают жесткость раковины и таким образом повышают ее прочность (рис. 8 б).

В представленном выше описании линий Ретциуса необходимо некоторое уточнение, которое будет более понятно

после краткого изложения одного из этапов процесса формирования зубов человека. При развитии коронки как молочного зуба, так и постоянного раньше всего появляется дентин, в образовании которого активное участие принимают одонтобласты. Наиболее раннее обызвествление дентина наблюдается на вершине зубного сосочка, то есть в области будущего режущего края зуба или его жевательных бугорков, и носит название зубного черепка. Как указывают Л. И. Фалин (1963), И. С. Кудрин (1968) и другие авторы, в однокорневых зубах на режущем крае коронки возникает один такой черепок. При развитии многокорневых зубов число черепков обызвествленного дентина соответствует числу будущих жевательных бугорков. Постепенно зубные черепки срастаются между собой, и по всей внутренней поверхности эмалевого органа откладывается дентин, который является первой возникшей твердой субстанцией зуба. Начинаясь на вершине зубного сосочка, формообразовательные процессы распространяются затем на боковые отделы коронки зуба. Однако еще до этого момента адамантобласты эмалевого органа начинают на поверхности дентина строить эмаль. Следовательно, режущий край и область жевательных бугорков боковых зубов являются своеобразными «центрами роста» развивающихся зачатков зубов.^{14,17} Исходя из вышеизложенного, мы считаем, что правильнее будет говорить о том, что линии Ретциуса берут свое начало с вершущек бугров и режущего (жевательного) края, а затем распространяются на боковые отделы коронки зуба. И вероятно, что от индивидуальных особенностей строения однокорневых зубов во время их развития на режущем крае может возникать более одного такого зубного черепка, и кроме того, необходимо учитывать и язычные бугорки (фото 1). При внимательном прочтении следует обратить внимание, что линии Ретциуса имеют спиральное направление в ткани эмали.

Для подтверждения своей версии мы приводим описание формирования зубов в процессе эволюции из книги Э. Вареса, В. Нагурного (2001). В ней указывается следующее: *«Первые зубы, которые можно принять за прототип зубов человека, появились у рыб. Это были плакоидные зубы, развивающиеся по типу чешуи... Плакоидные зубы возникают следующим образом. Под базальной мембраной многослойного плоского эпителия размножаются мезенхимальные клетки и вытесняют наружу часть цилиндрических клеток эпителия вместе с базальной мембраной. В цилиндрических клетках исчезают ядра и начинают откладываться поступающие из морской воды минеральные соли. Минерализованные цилиндрические клетки представляют прототип эмалевых призм зубов человека. С противоположной стороны базальной мембраны под эмалевым колпачком при участии мезенхимальных клеток начинается отложение минеральных солей и возникает дентин, пронизанный отростками мезенхимальных клеток, соединенных с базальной мембраной».*

Подчеркивается, что базальная мембрана эпителия переходит, не прерываясь, в эмалево-дентинную мембрану — границу между эмалью и дентином, и это положение сохраняется при морфогенезе зубов человека. Знание этой особенности строения имеет важное значение для понимания патологических процессов, протекающих при заболеваниях зубочелюстной системы. Нарушение непрерывности перехода базальной мембраны эпителия десны в эмалево-дентинную границу у функционирующих зубов имеет место при пародонтозе. Восстановить непрерывность данного перехода после его нарушения уже невозможно!¹⁸ Из этого следует, что эмалевые призмы в своем строении и расположении по отношению к соседним призмам в процессе эволюции принципиально не изменились, а значит, сохраняют в своем строении вид чешуи (рис. 10, 11). Ведь



Фото. 1. Сменный прикус. Во время прорезывания постоянные верхние медиальные резцы могут иметь три небольших продольных валика разной степени выраженности, каждый из которых заканчивается на режущем крае бугорком — мамелоном (от фр. *matelon* — сосок, бугорок, холм)

как показывали многие исследователи, в том числе и И. К. Луцкая (2007), «на продольных шлифах призмы определяются как полосы, образованные их телами и отростками, на поперечных шлифах видны аркадообразные, овальные (иногда неправильной формы) головки. Наиболее характерная картина, когда отростки одних призм лежат между головками призм, расположенных в следующем ряду».¹⁹



Рис. 10. Электронная микрофотография поверхности эмали резца современного человека с характерной структурной организацией эмалевых призм в виде чешуи. Увеличение x1300 (Micrograph by Rick Toomey)

Оказалось, что в природе рыба чешуя, кроме защитной роли, выполняет и важную биомеханическую функцию. Именно рыбы, живущие близко от каменистого дна, да еще и в полосе прилива, где существует высокий риск травматического повреждения поверхностного покрова, в основном имеют недоразвитую, слабую чешую или полностью ее лишены. Живущие же посреди воды быстрходные рыбы покрыты чешуей густо и плотно.

Дополнительной особенностью строения чешуйчатого покрова является образование на поверхности с определенной периодичностью

микроскопических валиков — склеритов (не напоминает ли это вам известные перикиматы на поверхности эмали зуба? — прим. авт.). Размеры чешуек и расстояние между выступами, порядок их рядов и углы по отношению к водному потоку разные у разных рыб в зависимости от скоростей, от средней температуры воды в местах обитания (вода разной температуры меняет вязкость) и по различным другим причинам. Существует предположение, что такое строение внешней поверхности у рыб является идеальным устройством для гашения вихрей в толщах воды и максимального сохранения энергии (рис. 11).²⁰ Можно предположить, что несколько основных типичных форм эмалевых призм, в поперечном разрезе описанных в литературе, обусловлены влиянием минерального состава и свойств ротовой жидкости. Ведь установлено, что секрет разных слюнных желез по-разному влияет на проницаемость эмали, но и сама проницаемость зависит от вида биологического объекта, а также от стадии развития зубов (непрорезавшиеся и прорезавшиеся молочные и постоянные зубы человека), а также от групповой принадлежности, в том числе различий в поверхностной проницаемости у одного и того же зуба.²¹

Возможно, что такое строение эмали не только является ее отличительной особенностью, но имеет и более глубокий смысл. Для более ясного понимания нашей гипотезы кратко напомним основные положения, характеризующие ортогнатический прикус: ортогнатический прикус

характеризуется признаками смыкания, из которых одни относятся ко всем зубам, другие — только к передним, а третьи — только к жевательным.



Рис. 11. Рыбья чешуя как макромодель, имитирующая возможные аналогичные взаимоотношения между эмалевыми призмами в покое и во время жевательной нагрузки: а — характерное расположение чешуек по отношению друг другу. По числу колец на чешуйках можно узнать возраст рыбы; б — взаимодействие чешуек при сжатии; в — взаимодействие (раскрытие) чешуек при растяжении

Продолжение следует...

Поделиться с друзьями:

ДентАрт 2010



ДентАрт 2010 №2



Похожие статьи



**Филлотаксис и биомеханика зубов.
Часть I**



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