

## ФРАКТАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В ОНТОГЕНЕЗЕ

Постолаки А.И.

*Государственный Университет Медицины и Фармации «Николае Тестемицану», Кишинев,  
e-mail: dentalife@list.ru*

Статья посвящена изучению структурной организации и развитию челюстно-лицевой системы человека с позиции фрактальной геометрии, которая считается универсальным методом для понимания единых принципов формирования многих объектах органической и неорганической природы.

**Ключевые слова:** челюстно-лицевая система, строение, фракталы, золотое сечение.

## FRACTAL ORGANIZATION IN THE ONTOGENY OF HUMAN MAXILLOFACIAL SYSTEM

Postolaki A.I.

*State University of Medicine and Pharmacy "Nicholas Testemițanu", Chisinau,  
e-mail: dentalife@list.ru*

The article is devoted to the study of the structural organization and development of the maxillofacial system of the person from the position of fractal geometry, which is considered to be a universal method for the understanding of common principles for the formation of many objects of organic and an organic nature.

**Keywords:** Maxillofacial system, structure, fractals, the golden section

За прошедшее первое десятилетие XXI века произошли значительные изменения в представлениях об онто- и филогенетическом развитии человека, об окружающем нас мире и вселенной в целом. Следовательно, многие проблемы в изучении эволюции человека, как вида, необходимо проводить только с позиции неразрывной связи его с природой. По нашему мнению это позволит более полно раскрыть иные стороны многих уже известных фактов о структурной организации, что, несомненно, может повлиять на поиск и обнаружение в будущем новых путей по регулированию процессов формирования или регенерации тканей организма.

У многих народов мира триединую природу вселенной – Небо, Земля, Человек символизирует число три или фигура треугольника – одна из первых плоских фигур. По Платону вся наша Вселенная – единое живое существо, наделенное душой и умом, и содержащая все сродные ей по природе живые существа в себе самой. Гармония небес и сама Природа, в его диалоге «Тимей» состоят из нескольких исходных видов треугольника и построенных из них пять правильных многогранников, так называемых, «платоновых тел» [1,2].

В конце 60-х начале 70-х годов Б. Мандельброт совершил открытие в математике, предложив новую концепцию названную фрактальной геометрией. Фракталы (от лат. fractus – изломанный) – это объекты, которые обладают двумя важнейшими признаками: изломанностью и свойством самоподобия (или масштабной инвариантности). Наиболее поразительное свойство этих «фрактальных» форм заключается в том, что их характерные паттерны многократно по-

вторяются на нисходящих уровнях так, что их части на любом уровне по форме напоминают целое. Принято считать, что с наибольшей очевидностью фракталы можно усмотреть в формах образований живой природы. Фрактальная геометрия – это изящный и информационно-компактный способ описания сложного. Фракталы открывают простоту сложного. Другой исследователь фракталов в биообъектах Н. А. Заренков (2009) в настоящее время предлагает следующее определение для фракталов. Фракталами называются линии, фигуры (квадрат, треугольник и др.) и тела, обладающие следующими свойствами: 1) симметрия самоподобия – «часть подобна целому», 2) дробная размерность, 3) иное, нежели у обычных фигур отношение периметра к площади или иная, нежели у обычных тел величина относительной поверхности. Фракталы очень разнообразны и выполняют функции модулей [3,4,5].

Еще Б. Н. Бынин, А. И. Бетельман (1947) отмечали, что процесс онтогенетического развития жевательного аппарата проходит ряд этапов и тесно связан с развитием лицевой части головы. Лицо эмбриона образуется из семи отростков первой жаберной дуги: трех парных (носовые, верхне- и нижнечелюстные) и одного непарного (лобный). К концу первого месяца внутриутробной жизни лицо эмбриона имеет пятиконечную форму, характерную для всех позвоночных животных [6]. Пятиконечная форма часто встречается в живой природе и обычно описывается понятием пентагональная симметрия, что является отличительной чертой саморегулирующихся систем. Доказано, что точки пересечения диагоналей в пентаграмме всегда являются точками «золотого сечения». Эти

точки образуют новую пентаграмму. В новой пентаграмме можно провести диагонали, пересечение которых образуют еще одну пентаграмму, и это процесс может быть продолжен до бесконечности. Каждый конец пятиугольной звезды представляет собой «золотой треугольник».

Пентагональная симметрия является одной из фундаментальных в морфологии живой природы и связанного с ней такого известного понятия как «золотое сечение». Десятки авторов в разных странах публикуют статьи о проявлении «золотой пропорции / сечения» в различных физиологических системах и процессах: сердечно-сосудистых, дыхательных, локомоторных, психофизиологических и прочих, как одного из базовых элементов обеспечивающего единство организма [7,8]. Если рассмотреть правильный пятиугольник, то увидим, что он буквально заполнен «золотым сечением». Все диагонали пятиугольника делят друг друга на отрезки, связанные между собой «золотой пропорцией». Каждый конец пятиугольной звезды представляет собой «золотой треугольник», а самую фигуру мы предлагаем рассматривать, как треугольный фрактал, выполняющий функцию модуля. Согласно фрактальной геометрии равенство подобия, «часть подобна целому», имеет широкий смысл, и допускает несоблюдение непрерывности симметричных преобразований. Эти закономерности обнаруживаются, например, в том, что уже на 7-й неделе внутриутробного развития путем роста выростов верхнечелюстных отростков навстречу друг другу, они сливаются по средней линии, с опускающейся носовой перегородкой, образуя при этом элемент треугольника [9]. Изучая формирование лицевого скелета с позиций «золотых треугольников», а также фракталов, можно выявить и другие исходные точки роста, условное соединение которых будет образовывать треугольные геометрические фигуры. Напомним, что в поперечном сечении двойная спираль ДНК также правильный пятиугольник. Б. Розин (2009) выдвинул предположение, что «золотое сечение» на прямой и пентагональная симметрия на плоскости являются отображением внутренней асимметрии самоподобных систем [10]. Еще великий русский ученый В. И. Вернадский утверждал, что «ось симметрии 5-го порядка, неразрывно связана с золотым сечением...». Открытие квазикристаллов в 1984 году показало, что пятикратная симметрия характерная для живой материи, филотаксисных паттернов, имеет неорганическую природу, и встречаются в определенных количествах в других биологических и физических явлениях – от структуры полимеров и вирусов до облачных полос во время урагана. Академик Н. В. Балов считает, что симметрия 5-го

порядка является своеобразным инструментом борьбы за существование. По мнению О.Б. Балакшина (2006) критерий «золотого сечения» способствует и может являться признаком минимизации энергетического состояния систем на любом уровне организации при условии соблюдения условий подобия и гармонии [11]. Немаловажное значение, а во многом определяющее для многих тканей и органов, имеет коллаген.

Коллаген – фибриллярный белок, составляющий основу соединительной ткани организма (сухожилие, кость, хрящ, дерма и т. п.) и обеспечивающий ее прочность и эластичность. Коллаген обнаружен у многоклеточных животных, но отсутствует у растений, бактерий, вирусов, простейших и грибов. Это основной компонент соединительной ткани и самый распространенный протеин у млекопитающих, составляющий от 25% до 35% протеинов во всем теле. Молекула коллагена представляет собой правозакрученную спираль из трех  $\alpha$ -цепей. Такое образование известно под названием тропоколлаген (длина 300 нм, толщина 1,5 нм) [12]. Мы обратили внимание на пространственную организацию в строении трех спиральных  $\alpha$ -цепей молекулы коллагена, которую можно описать как треугольную и, как указывает [12], соединяясь с другими молекулами они уже преобразуются в шестиугольную или псевдошестиугольную (в поперечном разрезе) фигуру, в каждой области, так называемого, «перекрытия» и «разрыва».

Изучая подробно анатомо-гистологические особенности строения зубо-челюстного аппарата мы обратили внимание на интересный факт. Так, основную функцию восприятия жевательного давления представляет периодонт – комплекс генетически взаимосвязанных тканей, расположенный между стенкой альвеолы и цементом корня. Ширина периодонтальной щели на различных уровнях корня не одинакова, а в средней части имеет сужение, что дало основание некоторым авторам сравнивать ее конфигурацию с «песочными часами», что объясняется характером физиологической подвижности зуба. К. Леман, Э. Хельвиг (1999) в описании особенностей строения эмалевых призм зубов, что их диаметр увеличивается от эмалево-дентинной границы к поверхности эмали [13]. Из этого описания следует, что пучки эмалевых призм представляют собой фигуру, по форме напоминающую усеченный конус, с вершиной направленной в сторону эмалево-дентинного соединения. Самый внутренний слой эмали толщиной 5-15 мкм не содержит призм, как и поверхностный, в связи с особенностью функционирования эмалиобластов, когда на начальном и конечном этапе секреции отростки Томса отсутствуют. Дентинные трубочки вблизи эмалево-дентинного соедине-

ния представлены тонкими канальцами диаметром 0,5-1 мкм, которые V-образно ветвятся и анастомозируют друг с другом. Радиально пронизывая дентин, трубочки в коронке зуба принимают слегка изогнутый S-образный ход, но уже в околопульпарном дентине они становятся прямыми и диаметр их увеличивается до 2-3 мкм. Известно, что упругость эмали увеличивается к эмалево-дентинной границе. L. Anqker и соавт. (2003) было установлено, что у эмалево-дентинной границы упруго-эластические свойства дентина, как и эмали, также наилучшие. Иными словами, твердость и эластичность дентина увеличиваются с удалением от пульпы [14].

На основании синтеза и анализа изученных нами фактов, с точки зрения фрактальной геометрии и биомеханики, нами предлагается условно выделять структурную единицу «эмалево-дентинного комплекса» в виде пучка эмалевых призм (в среднем 15 призм) и “N”-ого количества дентинных канальцев занимающих одинаковую площадь вблизи эмалево-дентинного соединения, представляя собой фигуру в виде «песочных часов», где узкая часть («перешеек») обладает, как со стороны эмали, так и со стороны дентина наиболее упругими свойствами. Из механики хорошо известны свойства пружин имеющих биконусную конструкцию (в виде «песочных часов»), в которых радиус витка сначала последовательно уменьшается, а затем увеличивается. Такая форма обеспечивает равномерное распределение нагрузки и отсутствие трения, так как не происходит соприкосновение витков. Необходимо учесть и такое характерное свойство для всех кристаллов как пластичность, поскольку истинные дислокации могут существовать только в виде нарушений идеальной кристаллической решетки и, каждый раз, когда дислокация прыгает на один шаг, должны рваться старые связи и устанавливаться новые. В этом отношении наиболее гибкими должны быть такие связи, которые обеспечивают одинаковое притяжение во всех направлениях. Поэтому очень важную роль играет также 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 [15]. Как указывает [16] пока ни одна из известных схем синтеза гидроксиапатита не позволяет точно повторить особенности кристаллической структуры его естественного изомера, но, взяв во внимание особенности роста и образование эмалевых призм форм с точки зрения, механики, кристаллографии, топологии и симметрии, то обнаружим сложное и разностороннее взаимодействие пентагональной, гексагональной

и спиральной симметрии на сферической поверхности коронок зубов.

Таким образом, рассматривая развитие и структурную организацию челюстно-лицевой системы человека с позиции фрактальной геометрии мы установили, что одной из основополагающих в ней форм является треугольник (конус), который является ключевым «строительным» элементом от микро- до макроуровня. В то же время сложность и компактность структурной организации тесно связано с понятием «золотого» сечения и симметрии, так как через эти феномены нам открываются многообразие характера взаимодействий материи, определяющие две важные составляющие тканей и органов – форму и функцию.

### Список литературы

1. Платон. Тимей. (Пер. С. С. Аверинцев). Собр. соч. в 4-х т. – Т. 3. – М.: Мысль, 1994.
2. Василенко С.Л. Математические начала гармонии: гармонические треугольники. «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.16007, 22.07.2010.
3. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. Изд-во: – Мн.: Книжный Дом. 2001. – 656 с.
4. Капра Фритьоф. Паутина жизни. Новое научное понимание живых систем. Пер. с англ. под ред. В. Г. Трилиса. – К.: «София»; М.: ИД «София», 2003. – 336 с.
5. Заренков Н.А. Биосимметрия. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». – 2009. – 309 с.
6. Бынин Б.Н., Бетельман А.И. Ортопедическая стоматология. – М.: Гос. Изд-во Мед. Лит. МЕДГИЗ. – 1947. – 396 с.
7. Цветков В.Д. Сердце, золотое сечение и симметрия. Пушино, ПНЦ РАН, 1997. 170 с. (элек. копия - <http://www.psn.ru/EP/tsvetkov/tsvetkov.shtml>).
8. Стахов А.П. Под знаком «Золотого Сечения»: Исповедь сына студбатовца. Глава 3. Что такое «золотое сечение»? 3.12. Золотое сечение в природе // «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.13333, 19.05.2006.
9. Колесов А.А. Стоматология детского возраста. – 3-е изд. – М.: Изд-во «Медицина», 1985. – С. 19.
10. Розин Б. Золотое Сечение – морфологический закон природы // «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.15172, 18.03.2009.
11. Балакшин О.Б. Коды да Винчи – новая роль в естествознании? Неожиданное о золотом сечении: Гармония ассиметричных подобий в Природе. Изд. 2-е, доп. – М.: Ком-Книга, 2006. – 176 с.
12. Коллаген. [http://vmede.org/sait/content/Biohimija\\_tkanei\\_vavilova\\_2008/4](http://vmede.org/sait/content/Biohimija_tkanei_vavilova_2008/4).
13. Леман Клаус М., Хельвиг Э. Основы терапевтической и ортопедической стоматологии. (1-е издание на русс. языке под ред. проф. С. И. Абакарова, проф. В. Ф. Маккева). – 1999.
14. Anqker L., Swain M.V., Kilpatrick N. Micro-mechanical characterization of the properties of primary tooth dentine. J. Dent 2003; 4: 261–267.
15. Гордон Дж. Почему мы не проваливаемся сквозь пол. (Пер. с англ. С. Т. Милейко). – М.: Изд-во «Мир», 1971.
16. Карпов А.В., Шахов В.П. Системы внешней фиксации и регуляторные механизмы оптимальной биомеханики. (в гл. «Физические свойства кристаллов гидроксиапатита»). – Томск: STT, 2001. – 480 с.